



 РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ	 ФАКУЛЬТЕТ БЕЗОПАСНОСТИ
 РАДИОКОНСТРУКТОРСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ	 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
 ФАКУЛЬТЕТ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ	 ФАКУЛЬТЕТ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
 ФАКУЛЬТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ	 ЮРИДИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
 ФАКУЛЬТЕТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ	 ЗАОЧНЫЙ И ВЕЧЕРНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
 ГУМАНИТАРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ	 ФАКУЛЬТЕТ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Преимущества обучения в ТУСУРе:

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

Прием документов на очную форму обучения начинается 20 июня и заканчивается 26 июля (если у абитуриента имеется полный комплект результатов вступительных испытаний в форме ЕГЭ или результатов олимпиад школьников, утвержденных Минобрнауки РФ) и 13 июля (если абитуриент будет сдавать вступительные испытания, проводимые ТУСУР самостоятельно). Абитуриент имеет право подать заявление не более чем на 3 направления подготовки и/или специальности ТУСУР.

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

Конкурс абитуриентов на бюджетные места очной формы обучения проводится с 27 июля по сумме баллов за три экзамена в порядке ее убывания. Возможен прием абитуриентов на бюджетные места по договорам целевого приема. Зачисление в число студентов ТУСУРа на бюджетные места будет вестись с 29 июля по 8 августа включительно, зачисление на платные места - с 19 июля по 19 августа включительно.

634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, каб. 129
Тел.: (3822) 900-100
8-800-775-9025 (звонок по России бесплатный)

E-mail: onir@main.tusur.ru
Сайт: abiturient.tusur.ru



TUSUR

НАУЧНАЯ СЕССИЯ ТУСУР-2016



**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ
И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
25-27 мая 2016 г. (в шести частях)**

Часть 3

г. Томск

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

НАУЧНАЯ СЕССИЯ ТУСУР–2016

**Материалы
Международной научно-технической конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
«Научная сессия ТУСУР–2016»**

25–27 мая 2016 г., г. Томск

В шести частях

Часть 3

В-Спектр
2016

УДК 621.37/.39+681.518 (063)

ББК 32.84я431+32.988я431

Н 34

Н 34 Научная сессия ТУСУР–2016: материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 25–27 мая 2016 г. – Томск: В-Спектр, 2015: в 6 частях. – Ч. 3. – 262 с.

ISBN 978-5-91191-337-3

ISBN 978-5-91191-340-3 (Ч. 3)

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, нанопластики, физической, плазменной, квантовой, промышленной электроники, радиотехники, информационно-измерительных приборов и устройств, распределенных информационных технологий, вычислительного интеллекта, автоматизации технологических процессов, в частности в системах управления и проектирования, информационной безопасности и защиты информации. Представлены статьи по математическому моделированию в технике, экономике и менеджменте, антикризисному управлению, правовым проблемам современной России, автоматизации управления в технике и образовании, а также работы, касающиеся социокультурных проблем современности, экологии, мониторинга окружающей среды и безопасности жизнедеятельности.

УДК 621.37/.39+681.518 (063)

ББК 32.84я431+32.988я431

*Конференция проводится при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ)
в рамках Конкурса научных проектов организации российских
и международных молодежных научных мероприятий,
проект № 16-37-10147*

ISBN 978-5-91191-337-3

ISBN 978-5-91191-340-3 (Ч. 3)

© Том. гос. ун-т систем управления
и радиоэлектроники, 2016

**Международная
научно-техническая конференция
студентов, аспирантов и молодых ученых
«Научная сессия ТУСУР–2016»
25–27 мая 2016 г.**

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

- Шелупанов А.А. – председатель, ректор ТУСУРа, директор Института системной интеграции и безопасности, председатель правления Томского профессорского собрания, д.т.н., проф.;
- Шурыгин Ю.А. – заместитель председателя Программного комитета, первый проректор, зав. каф. КСУП, д.т.н., проф.;
- Мещеряков Р.В. – заместитель председателя Программного комитета, проректор по научной работе и инновациям ТУСУРа, зав. каф. БИС, д.т.н., проф.;
- Агеев Е.Ю., начальник научного управления, к.т.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., доцент;
- Газизов Т.Р., зав. каф. ТУ, д.т.н.;
- Голиков А.М., доцент каф. РТС, к.т.н.;
- Грик Н.А., зав. каф. ИСР, д.и.н., проф.;
- Давыдова Е.М., декан ФБ, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.;
- Демидов А.Я., зав. каф. ТОР, к.ф.-м.н., доцент;
- Дмитриев В.М., зав. каф. МиСА, д.т.н., проф.;
- Дробот П.Н., доцент каф. УИ, к.ф.-м.н.;
- Еханин С.Г., проф. каф. КУДР, д.ф.-м.н., доцент;
- Ехлаков Ю.П., зав. каф. АОИ, д.т.н., проф.;
- Зариковская Н.В., доцент каф. ЭМИС, к.ф.-м.н., доцент;
- 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., проф.;
- Катаев М.Ю., проф. каф. АСУ, д.т.н., проф.;
- Коцубинский В.П., зам. зав. каф. КСУП, доцент каф. КСУП, к.т.н., доцент;
- Лощилов 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 ТУСУР, д.т.н., проф.;
- Михальченко Г.Я., директор НИИ ПрЭ, д.т.н., проф.;
- Мицель А.А., проф. каф. АСУ, д.т.н., проф.;
- Мозгунов А.В., начальник ОНИР,
- Пустынский И.Н., проф. каф. ТУ, заслуженный деятель науки и техники РФ, д.т.н., проф.;
- Разинкин В.П., проф. каф. ТОР НГТУ, д.т.н., проф., г. Новосибирск;
- Семенов Э.В., проф. каф. РЗИ, д.т.н., доцент;

- Соколовская Н.С., доцент каф. УП, зам. декана ЮФ по НИР, к.ю.н.;
- Сулова Т.И., декан ГФ, зав. каф. ФиС, д.ф.н., проф.;
- Троян П.Е., зав. каф. ФЭ, д.т.н., проф.;
- Ходашинский И.А., проф. каф. КИБЭВС, д.т.н., проф.;
- Шارانгович С.Н., проф., зав. каф. СВЧиКР, к.ф.-м.н.;
- Шарьгин Г.С., проф. каф. РТС, д.т.н., проф.;
- Шостак А.С., проф. каф. КИПР, д.т.н.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

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

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., проф.

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, зав. каф. КИПР, к.т.н., доцент.

Подсекция 1.3. Радиотехника. Председатель секции – Семенов Эдуард Валерьевич, проф. каф. РЗИ, д.т.н., доцент; зам. председателя – Артищев Сергей Александрович, инженер каф КУДР, к.т.н.

Подсекция 1.4. Аудиовизуальная техника, бытовая радиоэлектронная аппаратура и сервис. Председатель секции – Пустынский Иван Николаевич, проф. каф. ТУ, д.т.н., проф.; зам. председателя – Костевич Анатолий Геннадьевич, доцент каф. ТУ НИЧ, к.т.н.

Подсекция 1.4.1. Аудиовизуальная техника и цифровое телерадиовещание. Председатель секции – Пустынский Иван Николаевич, проф. каф. ТУ, д.т.н., проф.; зам. председателя – Костевич Анатолий Геннадьевич, доцент каф. ТУ, к.т.н., с.н.с.

Подсекция 1.4.2. Информационный сервис. Председатель секции – Идрисов Фарит Фатыхович, проф. каф. ТУ, д.т.н., проф.; зам. председателя – Семиглазов Вадим Анатольевич, доцент каф. ТУ, к.т.н.

Подсекция 1.5. 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 1.6. 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, к.т.н., доцент.

Секция 2. Электроника и приборостроение.

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

Подсекция 2.2. Разработка контрольно-измерительной аппаратуры. Председатель секции – Лоцилов 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, зав. каф. ФЭ, д.т.н., проф.; зам. председателя – Смирнов Серафим Всеволодович, проф. каф. ФЭ, д.т.н., проф.

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 – Буримов Николай Иванович, зав. УНЛ СВЧ микроэлектроники, доцент каф. ЭП, к.т.н.

Подсекция 2.6. Электромагнитная совместимость радиоэлектронной аппаратуры. Председатель секции – Газизов Тальгат Рашитович, зав. каф. ТУ, д.т.н.; зам. председателя – Куксенко Сергей Петрович, доцент каф. ТУ, к.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., проф.; зам. председателя – Суханов Александр Яковлевич, доцент каф. АСУ, к.т.н.

Подсекция 3.2. Распределённые информационные технологии и системы. Председатель секции – Ехлаков Юрий Поликарпович, зав. каф. АОИ, д.т.н., проф.; зам. председателя – Сенченко Павел Васильевич, декан ФСУ, доцент каф. АОИ, к.т.н., доцент.

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, к.ф.-м.н., доцент; зам. председателя – Колотаев Илья Владимирович, разработчик ООО «СибирьСофтПроект».

Подсекция 3.5. Вычислительный интеллект. Председатель секции – Ходашинский Илья Александрович, проф. каф. КИБЭВС, д.т.н., проф.; 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., доцент; зам. председателя – Нариманова Гуфана Нурлабековна, зав. каф. УИ, к.ф.-м.н., доцент.

Подсекция 3.8. Разработка программного обеспечения. Председатель секции – Гордиевских Вячеслав Валерьевич, генеральный директор ООО «СибирьСофтПроект»; зам. председателя – Пономарев Алексей Анатольевич, руководитель проектного офиса ООО «СибирьСофтПроект», к.т.н.

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

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 – Давыдова Елена Михайловна, декан ФБ, 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.

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., проф.; 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, доцент, к.т.н.; зам. председателя – Григорьева Марина Викторовна, доцент каф. АСУ, доцент, к.т.н.

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

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

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, старший преподаватель каф. ИСР, к.и.н.

Подсекция 5.6. Правовые проблемы современной России. Председатель секции – Соколовская Наталья Сергеевна, доцент каф. УП, зам. декана ЮФ по НИР, к.ю.н.; зам. председателя – Хаминов Дмитрий Викторович, зам. декана по УР ЮФ, зав. каф. ТП, к.ю.н.

Секция 6. Экология и мониторинг окружающей среды. Безопасность жизнедеятельности. Председатель секции – Карташев Александр Георгиевич, проф. каф. РЭТЭМ, д.б.н., проф.; 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 ОНИР.

Адрес оргкомитета:

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

ГОУ ВПО «ТУСУР»

Научное управление (НУ), к. 205

Тел.: 8-(382-2) 701-524, 701-582

E-mail: nstusur@main.tusur.ru

1-й том – 1-я секция (7 подсекций);

2-й том – 2-я секция (6 подсекций);

3-й том – 3-я секция (1–5 подсекции);

4-й том – 3-я секция (6–9 подсекции);

5-й том – 4, 6, 7-я секции (2 подсекции в 4-й, по 1-й в 6 и 7-й);

6-й том – 5-я секция (6 подсекций)

Генеральный 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

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 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 энерго-ресурсов 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 энергоучёта 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 выдающиеся 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 – ООО «Кейсайт Текнолоджиз»



ООО «Кейсайт Текнолоджиз» 495 797 3900 Т
Россия, 115054, г. Москва 495 797 3902 Ф
Космодамианская наб., 52, ст. 3 www.keysight.ru

Keysight Technologies – мировой технологический лидер на рынке контрольно-измерительных решений для электронной, оборонной, аэрокосмической и телекоммуникационной промышленности.

Как самостоятельная компания, Keysight Technologies была образована в 2014 г. в результате стратегического разделения компании Agilent Technologies, которая, в свою очередь, до 1999 г. входила в корпорацию Hewlett-Packard. Первый измерительный прибор под маркой Hewlett-Packard был выпущен более 75 лет назад.

В настоящий момент компания Keysight Technologies предоставляет самый широкий на рынке спектр лабораторных, модульных и портативных контрольно-измерительных приборов, в т.ч. оборудование для радиоизмерений (генераторы сигналов, анализаторы сигналов, анализаторы цепей), осциллографы и приборы общего назначения (мультиметры, источники питания, генераторы импульсов, системы сбора данных, логические анализаторы, ручные приборы), решения для тестирования телекоммуникаций, а также системы автоматизированного проектирования и моделирования электронных устройств.

В России приборы Keysight Technologies, ранее производимые под маркой Hewlett-Packard/Agilent, используются уже более 45 лет и по праву считаются наиболее точным и надежным контрольно-измерительным оборудованием на рынке.

Российский офис компании Keysight Technologies предлагает своим клиентам локальную техническую и сервисную поддержку, техническую документацию на русском языке. Для серий малогабаритных осциллографов, генераторов сигналов и анализаторов спектра разработаны русскоязычные интерфейсы пользователя. На большинство приборов есть сертификаты об утверждении типа средств измерений. На постоянной основе ведется работа по включению в Госреестр новых приборов Keysight Technologies.

Среди крупнейших заказчиков Keysight Technologies в России ведущие научно-исследовательские институты, конструкторские бюро, вузы, крупнейшие операторы связи.

В 2012 г. компания Keysight Technologies открыла два дополнительных региональных офиса в России – в Приволжском и Сибирском федеральных округах. В 2013 г. дополнительный офис открыт в Ростове-на-Дону, в 2014 г. – в Санкт-Петербурге.

Информация о компании Keysight Technologies доступна в сети Интернет по адресу: www.keysight.ru

Генеральный директор ООО «Кейсайт Текнолоджиз» – Смирнова Галина Владимировна.

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



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

Т.: 383 330 8295,
495 975 9295
www.speggroup.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 про-

мышленные 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.

Спонсор конференции – АО «НПФ «Микран»



АО «НПФ «Микран»
634041, г. Томск,
проспект Кирова, 51д

Т.: 3822 90 0029;
3822 42 3615
<http://www.micran.ru>

Научно-производственная фирма «Микран» создана 17 апреля 1991 года в г. Томске, с 30 апреля 2008 года – закрытое акционерное общество «Научно-производственная фирма «Микран», с 11 сентября 2015 года – Акционерное общество.

НПФ «Микран» – одно из ведущих российских предприятий в области разработки и промышленного производства СВЧ-радиоэлектроники. Работая на рынке высоких технологий с 1991 г., «Микран» создает широкий спектр продукции: от электронных компонентов, узлов и модулей на их основе до различной телекоммуникационной, радиолокационной и измерительной аппаратуры. «Микран» – компания полного производственного цикла – оперативно реагирует на потребности рынка, внедряет инновационные разработки, контролирует процесс создания технологии и передачи ее в производство, отслеживает качество выпускаемых изделий. Сейчас у «Микрана» более 1000 клиентов в России и за ее пределами, а география заказов распространяется от СНГ до стран Юго-Восточной Азии и Латинской Америки. Неслучайно предприятие отмечено высшей наградой Российской торгово-промышленной палаты «Золотой Меркурий».

Объем реализации продукции, работ и услуг в 2014 г. по ЗАО «НПФ «Микран» составил 2,6 млрд руб. (без НДС). Выпуск высокотехнологичной продукции компанией растет из года в год: в 2012 г. – 1 млрд рублей, в 2013 году – 2 млрд рублей, за 2015 г. достигнуто 3,5 млрд. рублей. По итогам российского рейтинга «ТехУспех–2013», «ТехУспех-2014» и «ТехУспех–2015» «Микран» вошел в «ТОП-30» быстроразвивающихся высокотехнологичных компаний (16-е место по России, 1-е – в Сибири), а в номинации «Самые инновационные предприятия России» занял 2-е место в рейтинге «ТехУспех-2014» и 5-е место в рейтинге «ТехУспех–2015».

Сдан в эксплуатацию в марте 2015 г. завод радиоэлектронной аппаратуры им. В.Я. Гюнтера (основатель компании, почетный гражданин города Томска) площадью 15 тыс. м² (рассчитан на 950 работающих) с собственным автономным энергоцентром, работающим в режиме «тригенерация» (на входе – газ, на выходе – электроэнергия, технологические тепло и холод).

Увеличение производственных площадей до 28 тыс м² позволит «Микрану» резко расширить свои возможности по выпуску продукции по четырем ключевым направлениям предприятия (СВЧ-модули, телекоммуникационное, радиоизмерительное и радиолокационное оборудование и системы). Следует отметить, что направления развития «Микрана» соответствуют четырем из пяти приоритетных направлений развития науки и техники страны, определенных Президентом России в 2010 году.

Одна из уникальных особенностей компании – она занимается как разработкой и производством СВЧ-электронной компонентной базы (ЭКБ), так и законченных систем на её основе. «Микран» планирует строительство на южной площадке Томской особой экономической зоны технико-внедренческого типа фабрики монолитных интегральных схем (корпус площадью 4280 м²) на долгосрочно арендуемой территории площадью 3,9 га. Это позволит в условиях санкций обеспечить ЭКБ не только нужды своего производства, но и осуществить реальное импортозамещение для многих предприятий страны. Минпромторг России в течение ряда лет подтверждает «Микрану» статус телекоммуникационного оборудования российского происхождения (приказ от 27.10.2014 № 2153 по базовым станциям и трансляторам сетей радиодоступа WiMIS и приказ от 24.03.2015 № 558 по цифровым радиорелейным станциям «МИК-РЛ»). Это позволяет предприятию обеспечивать в порядке импортозамещения поставки оборудования силовым структурам, сотовым операторам и нефтегазовому комплексу, занимая нишу в 60% от российского производства телекоммуникационной аппаратуры.

ТУСУР – базовый университет для НПФ «Микран», которая была создана в рамках одной из его лабораторий. Наше предприятие связывает с вузом и НИИ систем электрической связи всеобъемлющий мост по подготовке высококлассных специалистов в области связи. Совместно с ТУСУРом проводились две крупные работы по Постановлению Правительства № 218, осуществляется сотрудничество по грантам Минобрнауки России. Компания также оказала содействие вузу при создании Научно-образовательного центра в «Технопарке». «Микран» для студентов ТУСУРа, специализирующихся в области СВЧ-электроники, создал именную стипендию основателя фирмы В.Я. Гюнтера в размере 10 тысяч рублей. Эту стипендию уже получили 45 студентов старших курсов. В «Микране» на сегодняшний день работает 1650 сотрудников, 600

из них – выпускники ТУСУРа, в том числе три доктора наук и 19 кандидатов.

В последние годы резко расширяется сотрудничество с ОАО «Газпром» в рамках дорожной карты, утвержденной руководством «Газпрома» и администрацией Томской области. В 2011 году «Микран» своим оборудованием обеспечил цифровую радиорелейную линию на газопроводе на полуострове Камчатка длиной в 450 км. Всего на предприятия ОАО «Газпром» «Микраном» поставлено более 500 цифровых радиорелейных станций «МИК-РЛ».

Руководство «Газпрома» доверяет «Микрану» поставку его телекоммуникационной аппаратуры высокоскоростной цифровой радиорелейной связи на строящийся магистральный газопровод «Сила Сибири». Такое же оборудование может быть поставлено и на МГ «Алтай» и на имеющуюся сеть газопроводов в порядке импортозамещения. «Микран» на собственные средства разработал для ОАО «Газпром» подвижный пункт управления с узлом связи (ППУ) на базе 3-осного КАМАЗа для обеспечения оперативной связью строителей и ремонтников газопроводов и готовится обеспечить его серийное производство под заказы «Газпрома». На таких же условиях разработана и прошла испытания в ООО «Газпром Трансгаз Томск» интегрированная система безопасности (твердотельный широкополосный радар в блоке с цифровой радиорелейной станцией, обеспечивающей передачу от видеоинфракрасных камер данных наблюдения за периметром охраняемой зоны в автономном режиме до 50 км). Эта система полезна «Газпрому» для контроля за безопасностью газохранилищ и газопроводов, в т.ч. и при их строительстве и эксплуатации.

НПФ «Микран» включена в Реестр инновационно-активных организаций и Перечень системообразующих предприятий Томской области, приказом Минпромторга России от 29.02.2016 № 508 научно-производственная фирма «Микран» включена в Перечень организаций, оказывающих существенное влияние на отрасли промышленности и торговли.

Деятельность АО «НПФ «Микран» соответствует целям, задачам и индикаторам государственных программ в Российской Федерации и отраслевых стратегий.

СЕКЦИЯ 3

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
И СИСТЕМЫ**

ПОДСЕКЦИЯ 3.1

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

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

АЛГОРИТМ АНАЛИЗА АКУСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ БРОНХО-ЛЕГОЧНОЙ СИСТЕМЫ

Д.С. Жданов, И.С. Сидоренко,

В.Ю. Белоусов, студенты каф. АСУ

*Научный руководитель А.М. Кориков, зав. каф. АСУ, проф., д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, vladislavbelousov@gmail.com*

Болезнь лёгких – одно из распространённых заболеваний по всему миру. Например, в странах Евросоюза такие заболевания как хронические обструктивные болезни лёгких (ХОБЛ), наблюдаются у 10–25% населения. Причины возникновения ХОБЛ разные, в странах с высоким и средним уровнями дохода табачный дым является самым серьезным фактором риска, тогда как в странах с низким уровнем дохода бремя ХОБЛ вызвано воздействием загрязненного воздуха внутри помещений, например в результате использования в качестве топлива биомассы.

Считается, что ХОБЛ занимают 4-е место в мире, и 3-е место в Европе среди причин смерти. Различные виды легочных инфекций, таких, как острый бронхит, пневмония и туберкулез, также вносят значительный вклад в статистику смертей от легочных заболеваний. Известно, что ранняя диагностика и соответствующая терапия гарантируют излечение от этих заболеваний, существенно снижают риск возникновения нежелательных осложнений [1].

Долгое время основным способом диагностики заболеваний бронхо-легочной сферы являлась аускультация лёгких. С введением в широкую практику рентгенологических и эндоскопических методов исследований роль аускультации в диагностике заболеваний лёгких значительно снизилась [2]. Основным недостатком метода являются субъективность оценки дыхательных шумов врачом при их анализе: диагностическое заключение зависит от многих трудноучитываемых и субъективных факторов [3, 4].

Субъективность восприятия дыхательных шумов можно объяснить следующим. До 80% взрослых людей обладают музыкальным слухом, но всего лишь 12–15% из них обладают музыкальной памятью. Музыкальный слух подразумевает способность восприятия как отдельных музыкальных элементов или качеств музыкальных звуков (высоты, громкости, тембра), так и функциональных связей между ними в музыкальном произведении (ладовое чувство, чувство ритма). К 50 годам острота слуха у мужчин и женщин сравнивается, и примерно в 2–2,5 раза ниже, чем в возрасте 25 лет, однако способность к восприятию высокочастотных тембровых составляющих у него сохраняется. Использование современных достижений электроники в определенной мере позволяет компенсировать возрастные изменения органов слуха.

Для устранения субъективности в процессе постановки диагноза заболевания пациента на рынке медицинской техники имеются электронные стетоскопы (Littman 3100, 3200, 44100 (США), JABES (Республика Корея), позволяющие производить запись и первоначальный анализ респираторных данных с целью вынесения предварительного диагноза. Диагноз ставится на основании сравнения получаемых данных с некоторым набором эталонных сигналов. Также, на рынке медицинской техники присутствует отечественная разработка – бронхофонограф «ПАТТЕРН-01», выпускаемый малыми партиями в г. Зеленограде. Данный бронхофонограф предоставляет возможности оценки врачом спектральных характеристик дыхания пациента. Использование данного комплекса возможно лишь после специальной подготовки врача. Под подготовкой понимается получение врачом навыка интерпретации предоставляемых бронхофонографом «ПАТТЕРН-01» данных, что только повышает субъективность оценки состояния пациента.

Для решения этой проблемы предложена методика, при которой разрабатывается алгоритм обработки и анализа акустических данных бронхо-легочной системы человека.

Выделим основные этапы реализации этого метода:

- а) предварительная обработка акустических сигналов бронхо-легочной системы человека;
- б) выделение циклов вдоха и выдоха человека на обрабатываемых акустических сигналах;
- в) построение математических моделей выделенных циклов вдоха и выдоха человека;
- г) сравнение эталонных математических моделей с математическими моделями, получаемыми при анализе обрабатываемого акустического сигнала бронхо-легочной системы человека.

Предварительная обработка – избавление сигнала от шумов, фильтрация сигнала от звуков сердцебиения и других внешних факто-

ров. С помощью некоторых свойств автокорреляционной функции выделяется фаза вдоха и выдоха, эти отрезки представляются в виде траекторных матриц и подвергаются фазовременному анализу для последующего сравнения с эталонным сигналом. Сравнение осуществляется при помощи выявления параметра, меры сходств, двух звуковых фрагментов. Для его вычисления необходимо сравнить спектрограммы этих фрагментов, сначала сравниваются спектры, полученные в отдельном окне, а затем вычисленные значения усредняются. Предположим, что $X[1 \dots N]$ и $Y[1 \dots N]$ – массивы чисел, одинакового размера N , содержащие значения спектральной мощности первого и второго фрагментов соответственно. Тогда мера сходства между ними вычисляется по следующей формуле:

$$f_{xy} = \left| \frac{\sum_i (x_i - M_x)(y_i - M_y)}{\sqrt{\sum_i (x_i - M_x)^2} \sqrt{\sum_i (y_i - M_y)^2}} \right|.$$

M_x и M_y – математические ожидания массивов $X[]$ и $Y[]$ соответственно, вычисляющиеся по следующей формуле:

$$M_z = \frac{1}{N} \sum_1^N z_i.$$

Данный метод является перспективным, позволяет выявить такие патологии в дыхании, как хрипы, свисты, которые будут указывать на принадлежность к конкретному заболеванию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кривонос П.С., Крыжановский В.Л., Лантев А.Н. Функциональные методы исследования легких: учеб.-метод. пособие. Минск: БГМУ, 2009. 62 с.
2. Ицкович А.И., Шумарова Е.Ю., Коренбаум В.И. Современные проблемы анализа дыхательных шумов // Тихоокеан. мед. журн. 2005. №2. С.11–13.
3. Sovijarvi A.R.A., Vanderschoot J., Earis J.E. Standardization of computerized respiratory sound analysis // Eur. Respir. Rev. 2000. Vol. 10, №77. P. 585–588.
4. Sovijarvi A., Vanderschoot J., Earis J. Computerized Respiratory Sound Analysis (CORSA): recommended standards for terms and techniques // EurRespir Rev. 2000. Vol. 10. № 77. P. 585–649.
5. Коренбаум В.И., Тагильцев А.А., Кулаков Ю.В. Особенности акустических явлений, наблюдаемых при аускультации легких // Акуст. журн. 2003. Т. 49, № 3. С. 376–388.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫМ МАНИПУЛЯТОРОМ

В.С. Боровик, В.В. Шатравин, студенты каф. ЭСАУ

Научный руководитель С.В. Шидловский, проф., д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, borovik_vasily@mail.ru, vladiksat@list.ru

В настоящее время развитие аддитивных технологий приводит к тому, что появляется возможность автоматизированного производства разного рода изделий сложной конструкции. При этом возникает ряд задач, часть из которых связана с управлением технологическим оборудованием в процессе «выращивания» изделия.

В работе рассматривается создание алгоритма управления рабочим органом манипулятора KUKA KR240 для использования в 3D-печати по технологии электронно-лучевой плавки (EBM). В основе технологии лежит использование электронных пучков высокой мощности для сплавления металлического порошка или проволоки с образованием последовательных слоев металла, повторяющих контуры цифровой модели. Плавка производится с помощью электронной пушки с плазменным катодом, закрепленной в качестве рабочего инструмента роботизированного манипулятора.

Процесс 3D-печати заключается в создании реального объекта на основе его цифровой модели. В качестве такой модели использована типовая деталь, разработанная в среде SolidWorks и сохраненная в формате STL, который представляет 3D-модель в виде списка треугольных граней, описывающих его поверхность, и их нормалей [1]. Для дальнейшего использования модели необходимо осуществить ее преобразование в G-код при помощи специального ПО – «слайсера» [2, 3]. Таким образом, необходимо разработать алгоритм перемещения манипулятора на основе декартовых координат и команд G-кода, т.е. решить частный случай обратной задачи кинематики.

Используемый манипулятор имеет 5 степеней свободы, однако в рассматриваемом случае достаточно использовать 3 степени свободы манипулятора, что существенно облегчает решение задачи по нахождению алгоритма управления.

Одним из самых простых в расчете является геометрический метод решения обратной задачи кинематики. Как было указано выше, нам необходимо решить задачу для трех углов. Обозначим их α , β , γ . Процесс решения можно разделить на два этапа:

- решение задачи для перемещения в плоскости XY ;
- решение задачи для плоскости ZU , где $U = \sqrt{X^2 + Y^2}$.

На первом этапе мы рассматриваем модель робота сверху (рис. 1).

Исходное направление плеча обозначим за ось X , перпендикулярно ей из центра основания робота проведем ось Y . Обозначим начальные координаты схвата как (X_0, Y_0, Z_0) , а координаты, которые должен занять схват после перемещения, – (X_1, Y_1, Z_1) . Тогда перемещение в рассматриваемой плоскости по отдельным осям можно выразить, как

$$OX: X_1 - X_0, \quad (1)$$

$$OY: Y_1 - Y_0. \quad (2)$$

Тогда искомый угол поворота (обозначим его α) равен:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{Y_1 - Y_0}{X_1 - X_0}\right). \quad (3)$$

Для упрощения дальнейших расчетов и исследований мы условились обозначать начальные координаты схвата за начало координат и задавать перемещения относительно текущего положения схвата. Таким образом, в относительной системе координат схват имеет начальные координаты $(0; 0; 0)$, конечные – (X_1, Y_1, Z_1) . Выражение (3) в таком случае принимает вид

$$\alpha = \arctg\left(\frac{Y_1}{X_1}\right). \quad (4)$$

После такого перемещения схват расположен на гипотенузе прямоугольного треугольника с катетами X_1 и Y_1 , расстояние от начала абсолютной системы координат до схвата по теореме Пифагора:

$$U_1 = \sqrt{X_1^2 + Y_1^2}. \quad (5)$$

На втором этапе рассмотрим модель манипулятора сбоку (рис. 2).

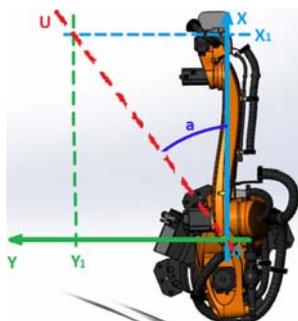


Рис. 1. Расчет угла поворота α

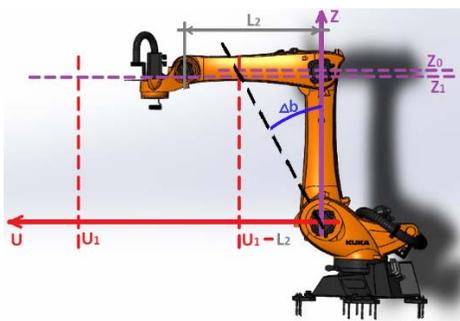


Рис. 2. Расчет угла $\Delta\beta$

Обозначим оси OZ и OU . В данной проекции мы решим задачу для двух оставшихся сопряженных углов: β и γ , начальные значения этих углов обозначим β_0 и γ_0 . Из условий имеем, что звенья манипуля-

тора с перпендикуляром из схвата и осью OU образуют прямоугольную трапецию, следовательно, имеем ограничение

$$\beta_0 + \gamma_0 = 180^\circ. \quad (6)$$

Ранее мы условились считать координаты схвата началом относительной системы координат, расчет конечных углов сводится к расчету углов поворота из начального положения в конечное $\Delta\beta$ и $\Delta\gamma$:

$$\Delta\beta = -\Delta\gamma_0. \quad (7)$$

Обозначив начальное положение схвата по оси OU как U_0 , можем определить изменение сопряженных углов при перемещении из точки (U_0, Z_0) в точку (U_1, Z_1) :

$$\Delta\beta = \arctg\left(\frac{Z_0}{U_0 - L_2}\right) - \arctg\left(\frac{Z_1}{U_1 - L_2}\right). \quad (8)$$

где L_2 – длина звена №2 манипулятора (1,5 м).

Так как U_0 и Z_0 приняли за 0, то формула (8) сводится к виду:

$$\Delta\beta = -\arctg\left(\frac{Z_1}{U_1 - L_2}\right). \quad (9)$$

Тогда, согласно равенству (7), имеем:

$$\Delta\gamma = \arctg\left(\frac{Z_1}{U_1 - L_2}\right). \quad (10)$$

Описанная модель реализована с помощью системы MatLab. Использование в алгоритме тригонометрических функций и деления на малые числа приводит к необходимости введения коррекции в алгоритм.

Данная разработка может найти широкое применение в различных сферах науки и промышленности, в том числе в мелкосерийном и опытно-производствах.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, Соглашение № 14.577.21.0018 (RFMEFI57714X0018).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Fabbers*: The StL format [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.fabbers.com/tech/STL_Format (дата обращения: 12.10.15).
2. *RepRap*: G-code [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://reprap.org/wiki/G-code> (дата обращения: 12.09.15).
3. Шидловский С.В., Сыряжкин В.И., Шидловский В.С. Перестраиваемые вычислительные среды в многосвязных системах автоматического управления // Телекоммуникации. 2010. № 10. С. 28–32.

ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫЙ ИНТЕРФЕЙС С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

*И.Е. Гусев, В.Д. Козодеев, Т.С. Лодонов,
Н.А. Ямщиков, студенты каф. АСУ*

Научный руководитель В.В. Романенко, доцент каф. АСУ, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, gusev_i.e@mail.ru

Проект ГПО АСУ–1507 «Моделирование тактильных ощущений руки»

Сегодня большую популярность набирает тема технологий виртуальной реальности. По ходу развития данной области появляются задачи, требующие тактильного взаимодействия. В связи с этим появляется потребность в новых интерфейсах, отвечающих данным требованиям.

На данный момент большинство существующих технологий, реализующих связь человека с виртуальной реальностью, работают в одностороннем порядке. Они воссоздают модель человеческого тела целиком или какой-то его части по данным, приходящим со специальных датчиков, расположенных на теле человека. Так как, создавая универсальные системы для полноценного взаимодействия с виртуальной реальностью, требуется воссоздать весь спектр тактильных ощущений, которые может испытывать человек, это требует разработки разных технологий для всех уровней взаимодействия человека с объектами виртуальной реальности.

Нашей целью является разработка универсальной платформы, на основе которой сторонние разработчики смогут создавать свои продукты самых разных классов и направлений. В ходе нашей работы мы собираемся реализовать программно-аппаратное решение, состоящее из экзоскелета и специальной программной библиотеки. Экзоскелет в данной системе будет представлять собой устройство, имеющее легкий каркас для верхней части тела, полностью охватывающий руки и часть спины. Этот каркас включает в себя большое количество датчиков, считывающих взаимное расположение всех костей, покрываемых каркасом, датчики давления, считывающие усилие, создаваемое человеком, и гидравлическую систему, служащую для моделирования противодействия, создаваемого объектами виртуальной реальности. Программная библиотека предназначена для упрощения внедрения данной системы в сторонние разработки. Также планируется реализация дополнения для игрового движка Unity™, на основе которого можно создавать приложения, демонстрирующие все возможности разрабатываемой нами платформы.

В заключение хотелось бы отметить, что большая часть технологий для реализаций данной разработки уже существуют и рынок

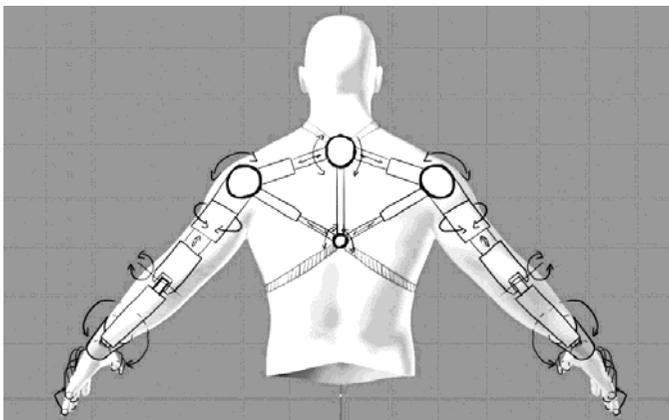


Рис. 1. Общий вид экзоскелета

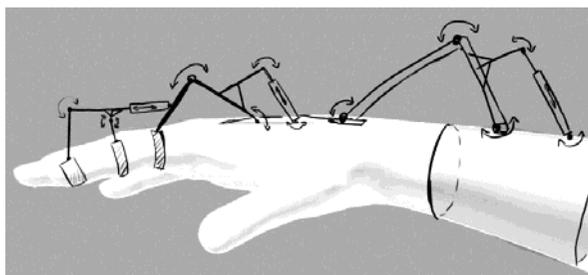


Рис. 2. Кистевая часть экзоскелета

подобных устройств находится на пороге своего развития и дальше будет только расти. Также хочется отметить, что объем рынка подобных устройств на сегодняшний день составляет порядка \$5 млрд и прогнозируется рост до \$150 млрд к 2020 г.

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОХОДКИ ЧЕЛОВЕКА

Н.А. Котельникова, магистрант каф. АСУ

*Научный руководитель М.Ю. Катаев, проф. каф. АСУ, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, natashaka91@gmail.com*

Двигательная деятельность человека требует согласованной работы организма в целом, но главная роль при этом принадлежит двигательному аппарату. С механической точки зрения двигательный аппарат человека представляет собой механизм, состоящий из сложной системы рычагов, приводимых в действие мышцами. Однако при изу-

чении движений человека и причин, их вызывающих, было бы неправильно ограничиваться только представлениями механики. Для того чтобы понять устройство двигательного аппарата и принцип его действия, необходимо иметь в виду биологическую природу «механизмов» человеческого тела.

В биомеханическом исследовании невозможно учесть строение и функции тела во всех их особенностях. Для изучения движений строят модель тела – биомеханическую систему [1]. Она обладает основными свойствами, существенными для выполнения двигательной функции, и не включает в себя множество частных деталей. Таким образом, биомеханическая система – это упрощенная копия, модель тела человека, на которой можно изучать закономерности движений.

Полный цикл ходьбы – период двойного шага – складывается для каждой ноги из фазы опоры и фазы переноса конечности (рис. 1).

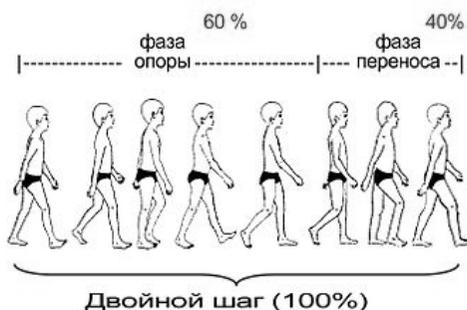


Рис. 1. Полный цикл ходьбы

При ходьбе человек последовательно опирается то на одну, то на другую ногу. Эта нога называется опорной. Контралатеральная нога в этот момент выносится вперед (это – переносная нога). Период переноса ноги называется «фаза переноса». Полный цикл ходьбы – период двойного шага – складывается для каждой ноги из фазы опоры и фазы переноса конечности. В опорный период активное мышечное усилие конечностей создаёт динамические толчки, сообщающие центру тяжести тела ускорение, необходимое для поступательного движения. При ходьбе в среднем темпе фаза опоры длится примерно 60% от цикла двойного шага, фаза переноса примерно 40%.

Просматривая походку выбранного человека (рис. 2), можно изучить изменения углов наклона спины, коленей, бедер и проследить динамику движения [2].

Рассмотрев пример походки конкретного человека, были построены различные графики, по которым можно отследить динамику и осо-

бенности движения. Походка человека является одним из биометрических признаков, изучение которых необходимо для решения задач идентификации [3].

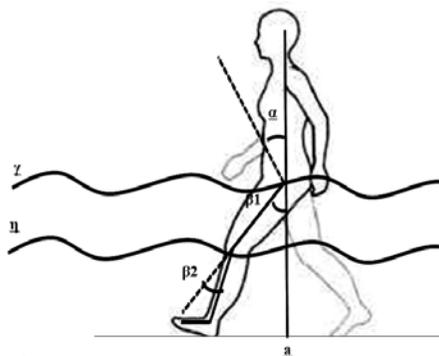


Рис. 2. Циклическая последовательность ходьбы: α – акт движения; α – угол наклона спины; β_1 – угол наклона бедра; β_2 – угол наклона колена; η – смещение колена; γ – смещение бедра

Началом двойного шага принято считать момент контакта пятки с опорой. В норме приземление пятки осуществляется на её наружный отдел. С этого момента эта (правая) нога считается опорной. Иначе эту фазу ходьбы называют передний толчок – результат взаимодействия силы тяжести движущегося человека с опорой. На плоскости опоры при этом возникает опорная реакция, вертикальная составляющая которой превышает массу тела человека. Тазобедренный сустав находится в положении сгибания, нога выпрямлена в коленном суставе, стопа в положении лёгкого тыльного сгибания. Следующая фаза ходьбы – опора на всю стопу. Вес тела распределяется на передний и задний отделы опорной стопы. Другая, в данном случае – левая нога, сохраняет контакт с опорой. Тазобедренный сустав сохраняет положение сгибания, колено подгибается, смягчая силу инерции тела, стопа принимает среднее положение между тыльным и подошвенным сгибанием. Затем голень наклоняется вперёд, колено полностью разгибается, центр масс тела продвигается вперёд. В этот период шага перемещение центра масс тела происходит без активного участия мышц, за счёт силы инерции. Опора на передний отдел стопы. Примерно через 65% времени двойного шага, в конце интервала опоры, происходит отталкивание тела вперёд и вверх за счёт активного подошвенного сгибания стопы – реализуется задний толчок. Центр масс перемещается вперёд в результате активного сокращения мышц.

Следующая стадия – фаза переноса характеризуется отрывом ноги и перемещением центра масс под влиянием силы инерции. В середине этой фазы все крупные суставы ноги находятся в положении максимального сгибания. Цикл ходьбы завершается моментом контакта пятки с опорой.

Таким образом, изучив разные стадии походки, можно увидеть индивидуальные особенности конкретного человека. С уверенностью можно сказать, что все люди ходят совершенно по-разному. Некоторые особенности походки могут говорить не только о характере человека и строении его тела, но и о возможных болезнях [4]. 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. *Петрушанская К.А., Витензон А.С., Спивак Б.Г., Гриценко Г.П., Сутченков И.А.* Биомеханическое и электромиографическое исследование ходьбы у лиц с установочным поведением // Российский журнал биомеханики. 2013. Т. 17, №3. С. 90–111.

МОБИЛЬНЫЙ РОБОТ ДЛЯ ОХРАННЫХ СИСТЕМ

А.А. Климов, Е.В. Конохов, П.Е. Пугачев,

А.А. Мышанский, студенты каф. ЭП

Научный руководитель Е.С. Шандаров, зав. ЛРИИ

г. Томск, ТУСУР, myshanskii.aleks@gmail.com

Многие современные охранные системы включают в себя подсистемы видеонаблюдения, обладающие известными недостатками: при наблюдении за большой территорией необходимо использование значительного числа камер; даже при наличии большого количества видеокамер невозможно гарантировать отсутствие «слепых зон»; каждый канал видеонаблюдения требует свою камеру, линию связи, устройство сохранения и отображения.

В качестве решения указанных проблем предлагается дополнить систему видеонаблюдения мобильным роботом с возможностью видеотрансляции. Робот может осуществлять патрулирование охраняемой территории в автономном режиме или в режиме управления оператором. В первом случае отснятый материал загружается на сервер

для последующего просмотра, во втором – транслируется наблюдателю в режиме реального времени.

Настоящая работа посвящена созданию мобильного робота для систем видеонаблюдения, функционирующего в автономном режиме.

Структурно система состоит из следующих компонентов:

- мобильная робототехническая платформа;
- контроллер управления приводами робота и обработки показаний датчиков;
- подсистема видеозахвата и транскодирования видеопотока;
- подсистема выгрузки снятых видеофайлов на сервер в «облаке»;
- веб-приложение, обеспечивающее просмотр видео.

Мобильная платформа представляет собой робота с приводом на два колеса и одним поворотным колесом. Шасси робота строилось с помощью алюминиевых деталей набора MakeBlock Ultimate Robot Kit. Корпус выполнен из фанеры. Для распознавания линии используется аналоговый датчик освещенности, установленный в передней части робота. Движение платформы обеспечивают два привода на базе двигателей постоянного тока с редукторами, подключенных к силовой плате Arduino Motor Shield.

Для реализации движения по линии используется контроллер Arduino UNO. Данные с датчика освещенности передаются на микроконтроллер, где вычисляется положение робота относительно линии путем сравнения получаемого значения освещенности с базовым значением. Вычисленная ошибка подается на ПИД-регулятор, где производится расчет подаваемой на двигателя мощности.

При создании системы видеофиксации использовался одноплатный персональный компьютер Intel Edison под управлением операционной системы Yocto 2.1, основанной на ядре Linux. Захват видео с камеры производится программой FFmpeg при помощи драйвера video4linux2. Транскодирование видео происходит с использованием кодека h.264. Сохранение видео происходит файлами в формате mp4, длина каждой видеозаписи составляет 15 с.

После сохранения файл необходимо отправить на сервер, расположенный в облаке вычислений Microsoft Azure. Для этого используется программа командной строки cURL, которая отправляет видеофайл на сервер по протоколу http. Для принятия и обработки файла на сервере была написана программа на языке php, которая принимает файл и помещает в специальную папку.

Для просмотра снятого материала реализован WEB-интерфейс в виде WEB-страницы с расположенным на ней HTML5-плеером. Стандарт HTML5 был выбран ввиду поддержки воспроизведения видео в браузере как на персональных компьютерах, так и на мобильных устройствах без дополнительного программного обеспечения.

Первый прототип мобильного робота был собран в рамках мероприятия «МЕГАХАКАТОН IoT RUSSIA», дальнейшая разработка велась в лаборатории робототехники и искусственного интеллекта ТУ-СУРа.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Документация* к плате Intel Edison [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://software.intel.com/ru-ru/iot/documentation> (дата обращения: 22.11.2015).
2. *Документация* для языка программирования PHP [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://php.net/manual/ru/tutorial.php> (дата обращения: 22.11.2015).
3. *Справочник* по языку гипертекстовой разметки HTML [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://webref.ru/html/> (дата обращения: 23.11.2015).
4. *Документация* к программе FFmpeg [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ffmpeg.org/ffmpeg.html> (дата обращения: 22.11.2015).

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УЧЕБНЫМ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕМ

А.А. Мытник

*Научный руководитель Л.В. Горчаков, проф., д.ф.м.-н.
г. Томск, Томский государственный педагогический университет,
MytnikAA@gmail.com*

Современные вузы являются сложными по структуре и управлению организациями, которые с точки зрения внедрения информационных технологий имеют ряд технических и организационных проблем [1]. Несмотря на имеющееся в современной теории и практике менеджмента многообразие подходов к управлению, та или иная концепция управления не всегда может быть напрямую применена учреждением высшего образования. Причина этого кроется в том, что степень самостоятельности принятия решений у вуза ограничена в связи с множеством нормативных актов и управляющих документов, что сужает, но не отменяет полностью возможность применения подходов, требующих проводить изменения в системе управления. Тем не менее, в данной ситуации можно применять и проективный подход [2], и прикладной системный анализ [3, 4], и реинжиниринг бизнес-процессов [5].

В настоящее время имеющиеся типовые решения по управлению бизнес-процессами в основном были разработаны для коммерческих предприятий. Несмотря на заметные различия в системах управления и менеджмента по сравнению с коммерческими предприятиями, учреждения высшего образования имеют с ними много общего с точки зре-

ния эффективности принимаемых управленческих решений и способов формирования ключевых показателей эффективности деятельности. Опыт создания типовых моделей, которые хорошо себя зарекомендовали с точки зрения эффективного использования при управлении различными технологическими процессами, можно применить для отрасли образования, в том числе для удовлетворения потребностей автоматизации вуза в частности. Исследование бизнес-процессов организации позволяет оптимизировать деятельность и взаимодействие подразделений с целью сокращения издержек и выявления процессов, влияющих на показатели эффективности.

Предметом исследований в данной работе является автоматизация деятельности деканата по управлению учебным процессом в рамках образовательной деятельности вуза. Совокупность бизнес-процессов деканата, выполнение которых связано с учебным процессом вуза, представлена в таблице.

Основные бизнес-процессы деканата

Процесс/задача	Ресурсы	Владелец	Результат
Подготовка ОПОП	Стандарт ФГОС, списки кафедры	Ректор	Учебный план, рабочая программа, справки о кадровом и материальном обеспечении
Создание графика УП для аспирантуры	ОПОП, учебные планы	Проректор по ОУД	График УП
Проведение контрольной точки	Приказы о назначении старосты, списки по группам	Декан	Ведомость контрольной точки
Проведение сессии	Списки студентов по группам, учебный план	Декан	Экзаменационные ведомости
Выдача студентам справок различной формы	Списки студентов, шаблоны справок	Инженер деканата	Бланк справки
Подготовка приказа на стипендию	Выписка из протокола стипендиальной комиссии, приказ о размере стипендии, списки студентов	Заместитель декана	Представление на стипендию, приказы в бухгалтерию для каждой группы
Внутренний перевод между группами, факультетами	Списки групп и квоты мест, заявление	Отдел учета	Представление на зачисление
Внешний перевод	Списки групп, приказ о количестве мест, заявление, протокол аттестации, академическая справка	Отдел учета	Представление на зачисление
Подготовка проекта приказа о выдаче дипломов выпускникам	Сводные данные об оценках, списки выпускников	Отдел учета	Проект приказа о выдаче дипломов

После декомпозиции основных бизнес-процессов деканата были выделены низкоуровневые бизнес-процессы, для которых построены типовые представления с использованием методологии ARIS.

При анализе и разработке моделей бизнес-процессов использовалась нотация eEPC, которая обладает рядом преимуществ по сравнению с другими (IDEF0, IDEF3). В IDEF0 нет возможности использовать символы логики при описании процесса, что заметно сужает ее область применения. Таким образом, при отсутствии сложных управляющих воздействий использование eEPC для описания процедур, выполняемых небольшим количеством сотрудников, будет более эффективным.

В качестве примера в работе приводится разработка типового элемента, реализующего бизнес-процесс, – «зачётно-экзаменационная сессия» (рис. 1).

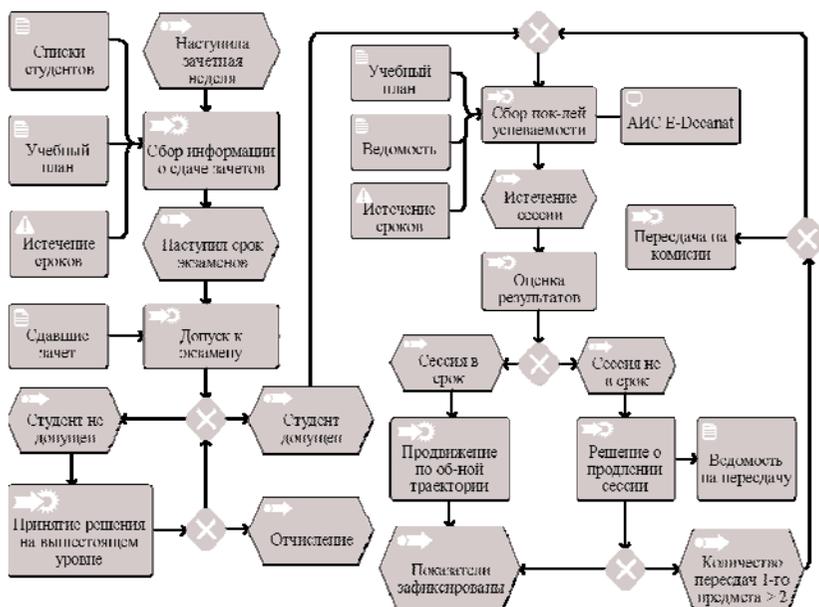


Рис. 1. Пример бизнес-процесса «зачётно-экзаменационная сессия»

Представленная модель процесса сбора показателей успеваемости имеет практическое значение, так как, с одной стороны, помогает осуществить предварительное моделирование контроля успеваемости, а с другой – является одним из этапов создания типовой модели бизнес-процессов университета. Использование типовых моделей для автома-

тизации процессов позволит сократить накладные расходы на исследование, проектирование и программную реализацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клишин А.П. Основные направления информатизации деятельности ТГПУ / А.П. Клишин, А.Н. Стась, Т.Т. Газизов и др. // Вестник ТГПУ. 2015. Вып. 3(156). С. 110–118.
2. Тарасенко Ф.П. Прикладной системный анализ: Наука и искусство решения проблем. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2004. 186 с.
3. Ехлаков Ю.П. Динамические модели бизнес-процессов. Теория и практика реинжиниринга / Ю.П. Ехлаков, В.Ф. Тарасенко, О.И. Жуковский, П.В. Сенченко, Ю.Б. Гриценко. Томск: Изд-во ТУСУРа, 2014. 203 с.
4. Репин В.В. Бизнес-процессы. Моделирование, внедрение, управление. М.: Миф, 2013. 512 с.
5. Мытник А.А. Опыт внедрения информационной системы E-Decanat 2.0 для автоматизации управления учебным процессом в ТГПУ / А.А. Мытник, А.П. Клишин // Вестник ТГПУ. 2013. Вып. 1(129). С. 189–192.

ГЕНОМ ПОХОДКИ ЧЕЛОВЕКА

В.А. Поваляева, студентка

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

В настоящее время неврологические проявления деструктивно-дистрофических поражений позвоночного столба наблюдаются более чем у 60% населения старше 18 лет, а деструктивно-дистрофические изменения в коленных суставах, или гонартроз, встречаются у 54,7–69,7% больных с различными заболеваниями суставов [1]. Известно, что наиболее выраженные клинические проявления приходятся на наиболее трудоспособный возраст, поэтому необходимо решить проблему диагностики заболеваний опорно-двигательного аппарата человека.

Походка человека представляет собой гармоничное взаимодействие всех частей его тела, в осуществлении которой участвует весь опорно-двигательный аппарат (ОДА), и характеризуется набором признаков (параметров походки). Походка здорового человека отличается от походки человека с патологией ОДА, походка человека с одной патологией ОДА отличается от походки человека с другой патологией. Таким образом, по параметрам походки можно диагностировать патологии ОДА и нервной системы.

Оценка походки основывается на определении пространственно-временных и динамических параметров походки: направление движения ходьбы, разворот ног при ходьбе, длина шага, смещение центра

тяжести тела, время цикла шага, ритмичность ходьбы, время опоры на пятку, время опоры на всю стопу, время опоры на носок, время двойной опоры, время одиночной опоры, время переноса ноги, скорость ходьбы, ускорение при ходьбе, силы взаимодействия с опорой при ходьбе. Все эти параметры могут быть использованы как диагностические признаки.

Поэтому целью данной работы является разработка программно-аппаратных методов, позволяющих производить оценку параметров походки и выявлять отклонения.

Для эффективной классификации необходимо построить адекватные математические модели, описывающие состояния контролируемых объектов и их динамику, и на основании имеющейся входной информации решить задачу идентификации модели.

Кроме того, грамотно построенная модель позволит осуществить прогноз развития ситуации.

Метод акселерографии походки признан одним из наиболее информативных в исследовании походки и функционального состояния опорно-двигательной системы в целом. В отличие от традиционных методов изучения двигательной активности человека, метод основан не на исследовании параметров самого движения, а на анализе вибрационных ускорений, сопровождающих локомоторные акты, т.е. сравнительно низкоамплитудных и высокочастотных компонентов движения, не находящихся под прямым контролем сознания. Вибрационные ускорения регистрируются при выполнении как естественных движений, так и специальных двигательных тестов. При этом исследуется асимметрия вибраций, вызываемых движениями правых и левых конечностей.

Датчики акселерометра регистрируют 3 значения по осям ускорения. Чтобы использовать эти значения в алгоритме, необходимо свести их к одному показателю. В данной работе находится длина вектора и используется в дальнейших вычислениях.

В настоящее время портативные устройства (мобильные телефоны, смартфоны, планшетные компьютеры и т.д.) получили широкое распространение. Большинство из них оснащено акселерометрами и гироскопами, которые и позволяют замерять все необходимые данные для построения модели походки человека.

Сигналы вибрации от движения человека, регистрируемые акселерометрами, передаются в программу, которая реализует оценку параметров походки путем анализа зарегистрированных сигналов.

Для получения данных с сенсоров устройства была создана программа на языке Java в среде разработки eclipse с использованием Android SDK для устройств с операционной системой Android. Так как

мобильные устройства построены с использованием бесплатформенных инерциальных систем, то данные поступают с трех одноосевых акселерометров и трех одноосевых гироскопов. В этом случае мы получаем угловую скорость ω и кажущееся ускорение n (разность между истинным ускорением объекта и гравитационным ускорением) по трем осям – X, Y, Z .

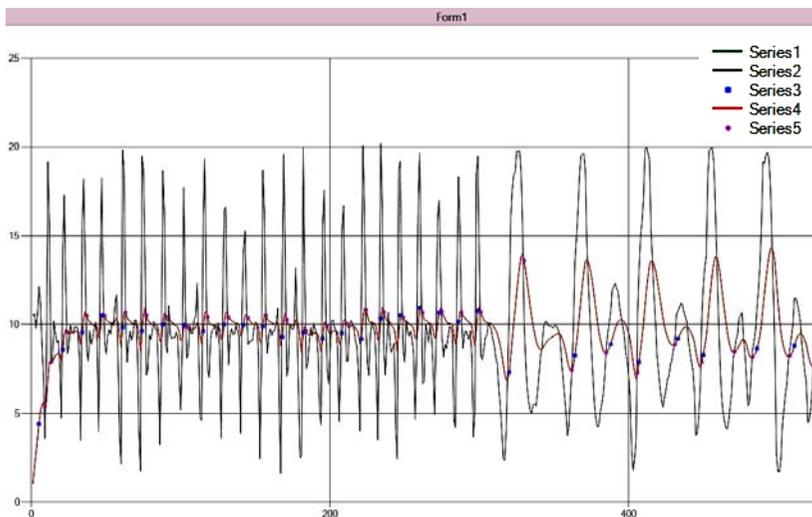


Рис. 1. Результат работы программы с использованием фильтра Калмана

Показания акселерометра на мобильных устройствах подвержены достаточно сильному шуму. Зашумленность порой достигает 0,08g, вследствие этого возникает острая необходимость борьбы с шумом. Ниже будут рассмотрены несколько подходов к сглаживанию и фильтрации данных акселерометра. В разработке применяется фильтр Калмана, который позволяет избавиться от шумовых помех сигнала. Использование данного фильтра обусловлено простотой реализации и скоростью работы (рис. 1).

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонова Н.Е. Математическое моделирование прямой стойки и походки человека для задач медицинской диагностики // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: управление, вычисл. техн. информ. 2012. № 2. С. 13–19.
2. Ефимов А.П. Информативность биомеханических параметров походки для оценки патологии нижних конечностей // Российский журнал биомеханики. 2012. Т. 16, № 1 (55). С. 80–88.

РЕИНЖИНИРИНГ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ. ОБЗОР

А.А. Шалунов, студент каф. АСУ

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

г. Томск, ТУСУР, AndreyShalun@yandex.ru

*Проект ГПО АСУ-1201 «Процессный подход
в управлении предприятием» (проект ПАРАД-М)*

Бизнес-процессы стремительно входят в деятельность предприятий и организаций. На пути их внедрения необходимо сначала их разработать (инжиниринг) и при необходимости изменять. Реинжиниринг бизнес-процессов – фундаментальное переосмысление и радикальное перепроектирование бизнес-процессов для достижения максимального эффекта производственно-хозяйственной и финансово-экономической деятельности, оформленное соответствующими организационно-распорядительными и нормативными документами. Реинжиниринг использует специфические средства представления и обработки проблемной информации, понятные как менеджерам, так и разработчикам информационных систем [1].

Участники реинжиниринговой деятельности и их функции.

Первое место занимает лидер проекта реинжиниринга – один из высших менеджеров фирмы, который возглавляет реинжиниринговую деятельность. Помимо организационных обязанностей, он отвечает за идеологическое обоснование проекта реинжиниринга, создание общего духа новаторства, энтузиазма и ответственности. Лидер должен обладать высокой внутренней энергией.

Второй участник – управляющий комитет, состоящий из членов высшего руководства фирмы, лидера реинжиниринга, менеджеров процессов. Осуществляет функции наблюдения, согласования целей и стратегии реинжиниринга, согласования интересов различных рабочих команд и решения конфликтных ситуаций между ними. В случае отсутствия комитета его функции выполняет лидер реинжиниринга.

Особое место занимает менеджер, осуществляющий оперативное руководство реинжинирингом бизнеса в целом. Часто он выполняет формальную роль помощника лидера реинжиниринга. Функции, им выполняемые, – разработка методик и инструментов реинжиниринга, обучение и координация владельцев процессов, помощь в организации рабочих команд.

Менеджеры процессов – руководители, каждый из которых ответствен за обновление отдельного делового процесса. Если в организации не определены процессы как таковые, в этом качестве выступают функциональные менеджеры. Менеджер формирует команду для перестройки данного процесса и обеспечивает условия для ее работы. Так-

же он осуществляет функции наблюдения и контроля. Таким образом, менеджер процесса является своеобразным заказчиком реинжиниринга данного процесса.

Рабочая команда реинжиниринга – группа работников фирмы (методисты, администраторы, сотрудники по обеспечению качества изделий, документирования, координации), а также внешние участники (консультанты, разработчики) (табл. 1). Все они и осуществляют непосредственную работу по реинжинирингу конкретного процесса [2].

Т а б л и ц а 1

Участники процесса реинжиниринга и их функции [3]

Участники	Функции
1. Лидер проекта – один из высших менеджеров фирмы	Возглавляет деятельность реинжиниринга, отвечает за идеологическое обоснование проекта, создает общий дух новаторства и ответственности
2. Управляющий комитет – члены высшего руководства, лидер проекта, менеджеры процессов	Осуществляет наблюдение, согласует цели и стратегии, интересы рабочих команд, разрешает конфликты
3. Менеджеры оперативного руководства	Помогают в формировании команд, проводят обучение, координируют работу команд
4. Менеджеры процессов	Разрабатывают методики и инструменты реинжиниринга
5. Рабочие команды – работники фирмы и внешние консультанты и разработчики	Осуществляют непосредственную работу по реинжинирингу

Т а б л и ц а 2

Виды реинжиниринга [3]

Вид реинжиниринга	Ситуация для применения
Кризисный реинжиниринг (перепроектирование бизнес-процессов)	Состояние глубокого кризиса (потеря конкурентоспособности, отказ потребителей от товаров и т.п.)
Реинжиниринг развития (совершенствование бизнес-процессов)	Удовлетворительное текущее положение при нежелательных тенденциях и неблагоприятных прогнозах. Благополучная ситуация при желании ускорить и увеличить отрыв от конкурентов

Виды реинжиниринга бизнес-процессов. В реинжиниринге обычно выделяют два существенно отличающихся вида деятельности (табл. 2):

1. Кризисный реинжиниринг (перепроектирование и реинжиниринг бизнес-процессов), где речь идет о решении крайне сложных проблем организации, когда дела пошли совсем плохо и нужен комплекс мер, который позволил бы ликвидировать «очаги заболевания».

2. Реинжиниринг развития (совершенствование бизнес-процессов), который применим тогда, когда дела у организации идут в целом неплохо, но ухудшилась динамика развития, стали опережать конкуренты.

Трансформация компании предполагает решительный отказ от традиционно сложившихся порядков, определение, переосмысление, переоценку и проведение изменений ключевых бизнес-процессов и структуры организации. Трансформация предполагает фундаментальное изменение сущности и характера выполняемых работ [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. *База знаний по бизнес-анализу* [Электронный ресурс]. URL: <http://iiba.ru/business-process-reengineering>

2. *Котлер Ф., Бергер Р., Бикхофф Н.* Стратегический менеджмент по Котлеру. Лучшие приемы и методы.

3. *Реинжиниринг бизнес процессов* [Электронный ресурс]. URL: <http://www.grandars.ru/college/biznes/reinzhiniring.html>

ИССЛЕДОВАНИЕ АККУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ БРОНХО-ЛЕГОЧНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА И ВЫДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ

И.С. Сидоренко, студент каф. АСУ

Научный руководитель И.А. Красиков, ассистент

г. Томск, ТУСУР, innasidor93@yandex.ru

В настоящее время первичную диагностику наличия патологий бронхо-легочной системы человека осуществляют посредством аускультативного метода, основанного на выслушивании звуковых явлений, связанных с их деятельностью. Недостатком метода прямой аускультации являются субъективность оценки врачом получаемых данных, базирующаяся на особенностях слуха врача и накопленного им опыта. Поэтому предлагается методика, основывающаяся на фазо-частотном анализе сигнала для выделения информативных признаков.

Наша цель: выделить информативные признаки из сигнала для последующего их анализа с целью выявления патологий.

Задачи:

1. Провести анализ эталонных значений сигналов заболеваний бронхо-легочной системы человека.

2. Найти диагностически значимые дыхательные звуки, фиксируемые в ходе бронхофонографии.

3. Разработать алгоритм выделения информативных признаков.

К диагностически значимым дыхательным звукам, относятся шумы и хрипы различной этиологии, такие, как везикулярное дыхание, жесткое дыхание, хрипы, крепитация, шум трения плевры.

Рассмотрим подходы выявления информативных признаков на основе фазочастотного анализа.

Для выделения спектральной составляющей структурного проведения дыхания (звука) значительный интерес представляют методы фазочастотного анализа волновых полей, требующие для своей реализации многократного вычисления мгновенных фазовых спектров участков бронхофонограмм. В фазу акустических сигналов, точнее в сложный закон изменения их фазовых спектров (ФЧХ), заложена важная информация о местоположении, типе, поглощающих и дисперсионных свойствах слоистых сред. Использование фазочастотных характеристик исследуемых волн оказывается полезным для детального расчленения слоистых неоднородных сред прохождения воздушного потока от верхних дыхательных путей до нижних вплоть до мелких бронхиол. Существует оптимальный фазочастотный метод прослеживания фиксированных волн на фоне гауссовых помех, который реализуется как процедура поиска положения максимума функции $G(\tau)$ вида

$$G(\tau) = \sum_{k=1}^n (\gamma(f_k) \cos(\Delta\phi(f_k) - 2\pi f_k \tau)).$$

В этом выражении весовая функция $\gamma(f_k)$ определяет отношение сигнала к шуму, а $\Delta\phi(f_k)$ – разность фазовых спектров сигнала и смеси «сигнал плюс шум» на частоте f_k , τ – сдвиг окна анализа, n – число частот.

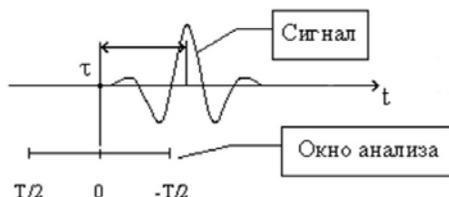
При практическом применении оптимального фазочастотного метода прослеживания (ФЧП) возникают определенные трудности, связанные, в частности, с оценкой величины $\gamma(f_k)$ в выбранном диапазоне частот. Существуют методы, названные алгоритмами с равновесной и неравновесной обработкой. Эти алгоритмы получены из оптимального метода путем замены в приведенной весовой функции $\gamma(f_k)$ на другие, специально подобранные функции. В общем случае, функция качества $L(\tau)$ для таких алгоритмов фазочастотного прослеживания может быть выражена в виде

$$L(\tau) = \sum_{k=1}^n (W(f_k) \cos(\phi(f_k) - 2\pi f_k \tau)),$$

где $W(f_k)$ – принимаемая весовая функция, $\phi(f_k)$ – мгновенный фазовый спектр выделяемого участка бронхофонограммы.

Временное положение волн оценивается по положению максимума функции $L(\tau)$, которая формируется при перемещении окна анализа вдоль бронхофонограммы (рис. 1). Для равновесного алгоритма весовая функция принимается равной единице во всей спользуемой полосе частот, для алгоритмов с неравновесной обработкой задается треугольной, синусоидальной или экспоненциальной формы.

Рис. 1. Схема фазочастотного прослеживания акустических волн: τ – текущее положение центра окна анализа; T – длительность окна анализа



Для расчета мгновенных фазочастотных характеристик требуется произвести несколько тысяч операций ДПФ в перемещающемся вдоль трассы окне анализа. Возьмем в качестве весовой функцию $W(f_k)$ треугольного вида:

$$W(2\pi f) = \frac{2}{3\pi f_C} \begin{cases} 0, & f \leq f_H, \\ \frac{2}{f_C}(f - f_H), & f_H \leq f \leq f_C, \\ -\frac{1}{f_C}(f - f_B), & f_C \leq f \leq f_B, \end{cases}$$

где $2\pi f_B$ и $2\pi f_H$ – соответственно верхние и нижние частоты, определяющие $W(2\pi f_k)$; $2\pi f_C$ – частота максимума $W(2\pi f_k)$. При этом $f_C = 2 f_H$; $f_B = 2 f_C$.

Наблюдения показывают, что фазочастотные методы перспективны при анализе сигналов.

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПОРТАТИВНЫХ УСТРОЙСТВ В МЕДИЦИНЕ

В.А. Старовойтова, студентка

*Научный руководитель М.А. Тараник, ассистент каф. ОСУ
г. Томск, ТПУ, vladastar93@mail.ru*

На сегодняшний день стратегия развития медицины будущего направлена на внедрение передовых технологий, обеспечивающих сохранение и улучшение здоровья населения, где главный акцент ставится не на лечение, а на профилактику заболеваний [1].

Одним из направлений развития и дальнейшего использования информационных технологий в современной медицине является применение **портативных медицинских устройств** [2]. Продвижение таких устройств ведёт к возникновению рынка трёх «П» – предсказательной, профилактической и персонализированной медицины [3, 4].

Профилактическая и персонализированная медицина представляет собой основу анализа состояния пациента и появления механизмов, направленных на повышение ответственности потребителей за состояние собственного здоровья.

В настоящей работе представлен анализ актуальных научных исследований на тему применения портативных устройств в медицине. Целью исследования является иллюстрация текущего состояния и тенденций развития данных технологий.

Методы. Поиск необходимой информации был осуществлён в открытых поисковых системах и электронных библиотеках, таких как «eLIBRARY», «GoogleScholar», «PubMed», «Science Direct». В качестве запроса были использованы следующие формулировки: «мобильные медицинские устройства», «мобильное здравоохранение», «portable medical devices», «wireless health», «eHealth», «mHealth». Ключевыми критериями отбора материала были: соответствие ключевых слов, описания статьи по тематике исследования и год ее публикации (не ранее 2013). В результате было найдено 67 научных статей. Первичный анализ аннотаций определил ограничение выборки. Таким образом, в настоящей статье представлен анализ 33 исследований.

Структурирование отобранного материала позволило проанализировать и классифицировать данные о современных портативных устройствах в медицине.

Результаты. За основу начальной классификации медицинских портативных устройств были определены **подходы к интеллектуальной обработке данных**, в основе которых лежат формы получения показателей уровня своего здоровья пользователем. Были выделены следующие способы доведения информации о здоровье пользователю медицинских устройств и подходы к обработке данных.

1. Отображение текущего состояния здоровья в режиме реального времени:

- медицинские показатели обрабатываются и отображаются на сенсорном экране самого портативного устройства;
- регистрируемые данные передаются на мобильные устройства или персональные компьютеры, где установленное ПО обрабатывает данные.

2. Регистрация данных прибором и их дальнейший анализ, отражающий результат за определенный срок:

- пациент пользуется прибором в течение определённого времени, после этого гаджет подключается к ПК или мобильному устройству, куда передаётся вся необходимая информация.

3. Оповещение производится только при отклонениях показателей, опасных для здоровья пациента:

- регистрируемые показатели здоровья сравниваются с критическими значениями, занесёнными в запоминающее устройство прибора.

4. Все регистрируемые показатели отправляются на обработку специалистам, которые и выносят заключения пациенту в виде консультаций:

- регистрируемые показатели здоровья отправляются на сервер для мониторинга полученных данных специалистами.

Другим основанием классификации был определен **подход к организации хранения медицинских данных**. Проведённый анализ позволил классифицировать медицинские портативные устройства на 4 типа:

1. Хранение данных не предусмотрено.

2. Регистрируемые показатели здоровья хранятся во встроенной памяти устройства.

3. Регистрируемые показатели здоровья передаются и хранятся в памяти мобильного устройства или ПК.

4. Устройство сбора данных (УСД) прибора передаёт медицинские показатели в модуль накопления данных (база данных или облачное хранилище данных).

Обсуждение. В результате можно сказать, что работа большинства современных информационных технологий в области медицины направлена на извлечение количественных данных, характеризующих основные параметры состояния здоровья пациента. Тем не менее данные могут быть не только количественными, они могут включать в себя и качественные параметры. Такие параметры уменьшают роль вероятности в диагностике заболеваний и добавляют аргументированности к решениям, принимаемым как самостоятельно пациентом, так и совместно с врачом.

Заключение. Таким образом, можно сделать вывод, что для повышения эффективности использования медицинских портативных устройств необходим своевременный интеллектуальный анализ полученных данных. Такой анализ во многом позволит прогнозировать и предупреждать клинические симптомы различных заболеваний на ранней стадии, выбирать средства медикаментозного воздействия, определять показания и противопоказания пациенту, ориентироваться в лечебных процедурах и создавать условия наиболее эффективного лечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Bcc research*, 2012 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.bccresearch.com>. Global markets for telemedicine technologies (дата обращения: 13.02.2016).
2. *Баулина О.В., Василевский Н.В., Снопкова Е.В.* Использование современных мобильных технологий в здравоохранении, 2014 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.scienceforum.ru> (дата обращения: 18.02.2016).
3. *Стратегия* развития медицинской науки в Российской Федерации на период до 2025 года [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.msmsu.ru> (дата обращения: 10.02.2016).
4. *Тараник М.А., Копаница Г.Д.* Анализ процессов контроля предоставления медицинской помощи в рамках программы обязательного медицинского страхования // Врач и информационные технологии. 2015. №2. С. 60–71.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «ИНТЕРНЕТ-ПРОВАЙДЕР» ДЛЯ ОФИСОВ ИНТЕРНЕТ- ПРОВАЙДЕРОВ ИЛИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ

С.Е. Юленков, студент каф. ИУС

*Научный руководитель С.В. Котельникова, доцент каф. ИУС
г. Красноярск, СибГАУ, start09011990@mail.ru*

В современном мире информация приобретает всё большее значение. Необходимость её систематизирования заставляет человечество изобретать разного рода схемы, каталоги, а также таблицы для удобного использования данных. Век компьютеризации предоставляет человечеству возможность быстрого, а также удобного систематизирования данных, благодаря использованию баз данных (БД). База данных – это организованная на машинном носителе совокупность взаимосвязанных данных, которая может содержать сведения о различных сущностях одной предметной области, реальных объектах, а также процессах, различных событиях либо явлениях. В настоящее время любую базу данных можно расценивать как электронное хранилище информации, доступ к которой может осуществляться всего лишь с одного либо с нескольких компьютеров одновременно, в зависимости от её архитектуры. Работа с подобными автоматизированными информационными системами (АИС) будет осуществляться при помощи систем управления базами данных. Этими системами будут являться различные программные средства, которые предназначаются для создания и наполнения, а также обновления и удаления баз данных.

Разработан программный продукт «Интернет-провайдер», который предназначается для ведения учёта абонентов, которые пользуются услугами провайдеров. Целями являлись – получение практических

навыков по созданию базы данных, а также разработка и проектирование программного продукта «Интернет-провайдер».

Программный продукт «Интернет-провайдер» разрабатывался для операторов провайдера, а также для сотрудников технической поддержки провайдера. Данный программный продукт является свободно распространяемым, содержит интуитивно-понятный пользовательский интерфейс и может устанавливаться как на клиентские, так и на серверные машины. Актуальность написания данного программного продукта обосновывалась из необходимости систематизации тарифных планов, а также информации об абонентах провайдера. Проект представлен на рис. 1.

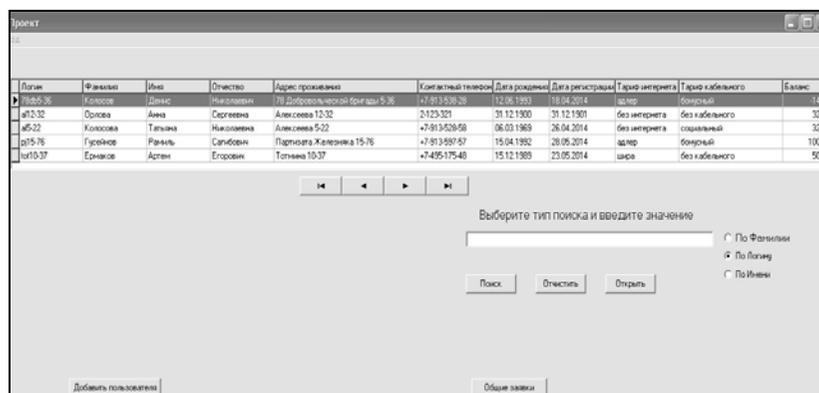


Рис. 1. Главное окно разработанного проекта: «Интернет-провайдер»

Для успешной реализации проекта и достижения намеченных целей были поставлены следующие задачи: 1) анализ предметной области; 2) логическое и физическое проектирование базы данных; 3) разработка пользовательского интерфейса и написание кода программного продукта; 4) формирование SQL-запросов; 5) построение графиков и отчётов; 6) отладка и тестирование программного продукта.

Возможности созданного проекта: 1) быстрый поиск; 2) организация единой базы абонентов; 3) хранение информации об абонентах, включая их логины, тарифы Интернета, тарифы кабельного адреса проживания, баланс и многое другое; 4) различные выборки определённых абонентов; 5) просмотр истории изменений любого абонента по дате и времени; 6) просмотр как общих заявок, так и по определённому абоненту; 7) графическое отображение количества заявок по их виду; 8) возможность печати отчётов.

Для выбора целевой СУБД были рассмотрены существующие на сегодняшний день широко применяемые и самые популярные СУБД.

Проведён анализ их возможностей, достоинств и недостатков. Также были рассмотрены популярные среды программирования, и на основании анализа этих полученных данных был сделан выбор среды разработки для создания проекта «Интернет-провайдер».

Была выбрана СУБД «Paradox», т.к. она проста в использовании, а также использование СУБД «Paradox» оптимально для написания небольших проектов персонального пользования. В качестве среды программирования был сделан выбор в пользу «Delphi 7» [1, 2].

Логическим проектированием базы данных является создание схемы базы данных на основе конкретной модели данных. Для разработки базы данных созданного проекта была выбрана реляционная модель. Данная модель является наиболее простым, распространённым и понятным методом представления информации в табличном виде. В соответствии с реляционной моделью база данных представляется в виде совокупности таблиц, над которыми могут выполняться операции, формулируемые в терминах реляционной алгебры и реляционного исчисления. Схема таблиц базы данных представлена на рис. 2.

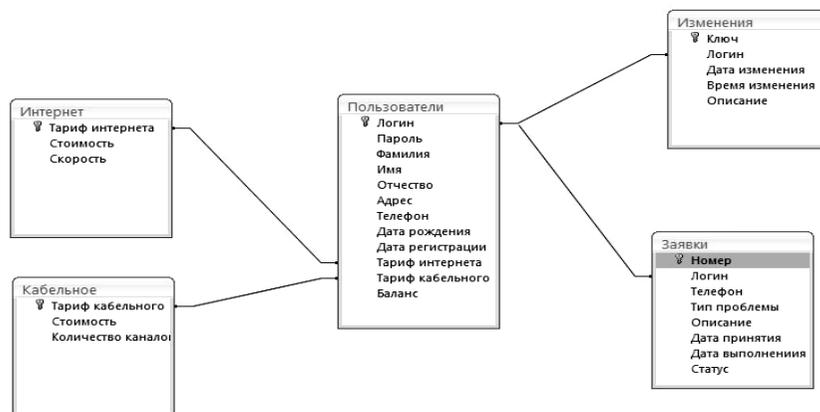


Рис. 2. Схема взаимосвязи таблиц базы данных

На этапе физического проектирования была спроектирована структура программного продукта, определены основные отношения и функции, описаны бизнес-правила, которые были реализованы [3].

В руководстве программиста содержится информация о том, в какой среде был разработан проект и под управлением какой операционной системой, о функциях созданного проекта, о правилах установки проекта на профессиональный компьютер пользователей, из каких типов файлов состоит данный проект, что является исполняемым файлом проекта и информация о структуре созданного проекта «Интернет-

провайдер». В руководстве пользователя написана подробная пошаговая инструкция работы с данным проектом.

Созданный программный продукт был разработан с реально поставленной задачей [4]. Проект позволяет заносить, хранить и удалять записи в базе данных, а также оперировать ими.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Рубанцев В.* Большой самоучитель Delphi XE3 // Я+R. 2012. С. 20–66.
2. *Фленов М.Е.* Библия Delphi. СПб.: 3-е изд. БХВ-Петербург, 2011. С. 27–436.
3. *Проектирование баз данных* [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Проектирование_баз_данных (дата обращения: 23.02.2016).
4. *Фаворская М.Н.* Создание локальных приложений баз данных в интегрированной среде разработки Delphi / Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т им. акад. М.Ф. Решетнёва. 2010. С. 6–173.

СИСТЕМА УПРАВЛЯЕМОГО ФУТБОЛА АНТРОПОМОРФНЫХ РОБОТОВ

Д.В. Жулаева, студентка каф. УИ

г. Томск, ТУСУР, zhulaeva.darya@mail.ru

Научный руководитель Е.С. Шандаров, зав. ЛРИИ

Образовательная робототехника – новый подход к вовлечению школьников и студентов в научно-техническую деятельность. Одним из мотивирующих факторов образовательной робототехники являются робототехнические соревнования, которые проходят по разным формулам во всем мире.

Футбол автономных антропоморфных роботов привлекает к себе серьезное внимание как со стороны ученых, разработчиков и конструкторов, так и обычных зрителей. И это неслучайно, поскольку здесь решаются задачи технического зрения, искусственного интеллекта, управления движением, группового управления роботами.

Однако возможности участия школьных команд в таких проектах весьма ограничены. Связано это как со сложностью решаемых задач, так и с высокой стоимостью необходимого оборудования. Тем не менее, многие школы как России, так и мира приобретают недорогих антропоморфных роботов класса RoboBuilder или Bioloid, диапазон использования которых в основном ограничен танцами роботов.

В лаборатории робототехники и искусственного интеллекта ТУСУРа в 2015 г. был инициирован проект создания футбола роботов на базе недорогих антропоморфных платформ. Это позволит расширить

сферу применения школьных антропоморфных платформ. На первом этапе реализации проекта предусмотрено создание системы управляемого футбола роботов.

Концепция системы строится на том, что игроки-роботы выполняют свои действия на поле по командам игроков-людей. В качестве команд выступают «элементарные» движения или их элементы. Задачей соперников является не только эффективное управление антропоморфными роботами на поле, но и создание наиболее удачных наборов движений. Таким образом, школьники учатся не только управлять роботами, но и создавать сложные движения для машин с большим числом степеней свободы.

Структурная схема системы приведена на рис. 1. Здесь показано, что управление роботами производится через сервер по протоколу Bluetooth, а игроки-люди подают команды роботам через web-интерфейс с помощью имеющихся гаджетов и соединяются с сервером по WiFi.

Таким образом, основные компоненты системы:

- библиотека движений роботов;
- серверная программа для обработки файлов библиотеки и передачи команд на приводы роботов;
- веб-приложение для игроков-людей (рис. 2).

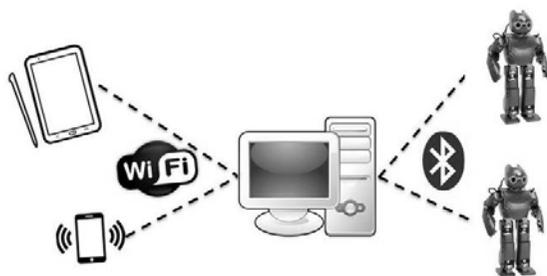


Рис. 1. Структурная схема системы

Создание библиотеки движений. Составив список всех движений, которые могут понадобиться в футболе роботов, получилось три набора движений. Первый набор необходим каждому роботу на поле, это движения по перемещению (шаг вперед, повороты вправо и влево). Второй набор для робота-вратаря, который включает в себя движения, связанные с защитой ворот (падения в стороны, выставление рук и ног). Третий – для робота-нападающего (удары мяча в различные стороны). При создании движений у антропоморфного робота важно достичь максимальной плавности и схожести с человеческими движениями, при этом робот не должен терять равновесия и падать.

Сохранение равновесия – самое важное при создании движений. Важно учитывать не только сами движения, но и позы, при помощи которых можно перейти от одного движения к другому, так называемые промежуточные экшны.

Конструкция RoboBuilder включает в себя 16 сервоприводов. Для получения человекоподобных движений необходимо задействовать большое их количество, именно на этом этапе работы возникают трудности по удержанию равновесия. Изменяя угол поворота одного сервопривода, необходимо менять углы поворота других, иначе падение неминуемо. При этом важно следить за тем, чтобы движения были плавными и резкими.

Для реализации задачи при создании библиотеки движений была использована программа MotionBuilder. Здесь движения записываются в блоки «motion», которые в свою очередь разбиваются на подблоки «scene». Мы можем регулировать время перехода робота из одного «scene» в другое. Созданные движения могут быть сохранены на жестком диске в виде файлов *.gfm. [1].

В итоге созданная библиотека включает в себя следующие движения: подъём из положения – лежа на «спине», подъём из положения – лежа на «животе», ходьба (выполненная в двух шагах, которые в последующем использовании зацикливаются), поворот направо, поворот налево, удар правой ногой вперед, удар левой ногой вперед, удар правой ногой влево, удар левой ногой вправо, падение в правую сторону, падение в левую сторону, приседание.

Испытания библиотеки проводились в лабораторных условиях и на выставке РОСТ-ур 2015, по результатам которых были модифицированы движения для достижения большей устойчивости робота и повышения плавности.



Рис. 2. Структурная схема приложения

Серверная программа. Эта часть проекта была выполнена в лаборатории и описана в работе «Разработка системы управления роботом Robobuilder», автор С.А. Пекарских.

Веб-приложение. Веб-приложение позволяет в удобной форме управлять роботами, самостоятельно выбирая робота-вратаря и робота нападающего. Кнопочная форма приложения понятна даже самым маленьким пользователям, что позволит вовлечь в футбол антропоморфных роботов детей начальной школы (см. рис. 2).

ЛИТЕРАТУРА

1. Жулаева Д.В. Создание библиотеки движений для антропоморфного робота robobuilder // Матер. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2015»: в 5 ч. Ч. 2. С. 268–271.

2. Пекарских С.А. Разработка системы управления роботом Robobuilder // Матер. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2015»: в 5 ч. Ч. 2.

РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА АВТОНОМНОГО АВТОМОБИЛЯ С УПРАВЛЕНИЕМ ПО ДОРОЖНОЙ РАЗМЕТКЕ

А.А. Климов, П.Е. Пугачев, студенты

Научный руководитель Е.С. Шандаров, зав. ЛРИИ

г. Томск, ТУСУР, goxy2@rambler.ru

Создание полностью автономного автомобиля является актуальной проблемой. Реализация данной задачи требует сложных программных и аппаратных решений. Но в некоторых условиях, таких как складские помещения, цеха, т.е. там, где карта местности и окружающие условия постоянны или скорость их изменения невысока относительно скорости движения автономного автомобиля, решение данной задачи может быть упрощено, например, можно задавать траекторию движения черной линией, а для выполнения специальных команд использовать различные варианты разметки трассы.

Цель настоящей работы – создание прототипа мобильного автономного автомобиля, выполняющего движение по командам дорожной разметки. Команды представляют собой нанесенные на поверхность трассы метки контрастного цвета. Был определен набор исполняемых команд: старт-стоп; ускорение; торможение; временная остановка; поворот налево или направо.

Для построения модели автономного автомобиля было использовано шасси The Freescale SmartCar, оборудованное двигателями с редукторами для привода и сервоприводом для управления рулевой ко-

лонкой. Для решения задачи считывания знаков разметки использовалась видеочка с линейной матрицей 1x128 пикселей. В качестве управляющего контроллера выступила плата Arduino Due, а для управления моторами и сервоприводом используется силовая плата Freescale Motor Drive.

Поскольку камера напрямую подключается к управляющей плате, работать с ней приходится на аппаратном уровне. Формирование всех необходимых сигналов осуществляется в программном режиме платой Arduino Due: синхроимпульс (SI) – сигнал, обозначающий начало считывания накопленных элементами камеры зарядов, тактовый сигнал (CLK). На АЦП микроконтроллера поступает аналоговый сигнал (AO). На рис. 1 представлены осциллограммы этих сигналов [1].

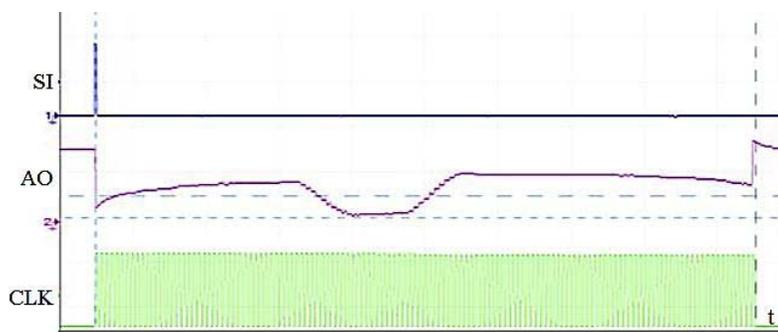


Рис. 1. Осциллограммы сигналов, поступающих на вход камеры и исходящих с аналогового выхода

Данные с камеры записываются в массив, затем производится процедура бинаризации. Эти данные используются для определения команд дорожной разметки и движения автомобиля.

Для движения автомобиля вдоль контрастной линии мы используем ПИД-регулятор и формируем команды для поворота сервопривода рулевой колонки.

Если в кадре имеется специальная команда, установленная разметкой, она выполняется. Пример простейших команд приведены на рис. 2.

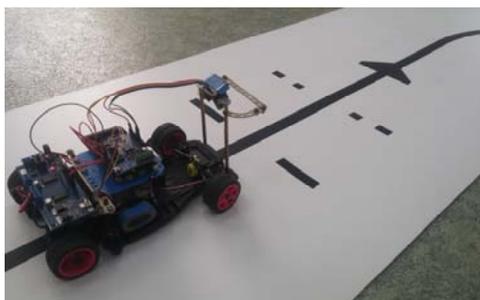


Рис. 2. Примеры команд

Созданное программное обеспечение способно работать с двумя типами команд: «однострочные» и «объемные». В этом случае под «однострочными» командами мы понимаем рисунок разметки, занимающий одну поперечную линию, а под «объемными» – несколько линий. Под линией мы понимаем элемент разметки шириной 2,5 см.

Для распознавания «однострочных» команд мы анализируем массив на соответствие заранее заданным шаблонам. Для обработки «объемных» команд мы сравниваем текущий кадр с предыдущим для определения типа команды: «однострочная» она или «объемная», и затем производим поиск по шаблону.

Поскольку при движении автомобиля по трассе могут существенно меняться условия внешней освещенности, нами был разработан механизм автоматической коррекции экспозиции. Время экспозиции элементов камеры линейно зависит от контраста получаемого изображения.

Испытания модели автономного автомобиля производились в лабораторных условиях с использованием трассы из ПВХ-пластика с нанесенными черной лентой элементами разметки. Проект демонстрировался на следующих мероприятиях: Всероссийский научный фестиваль «НАУКА 0+», Открытая выставка научных достижений молодых учёных «РОСТ-UP 2015», Научно-технический семинар по развитию роботизированных систем (комплексов) и подготовке специалистов в области их применения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Yakushin D.O., Pekarskih E.A., Shandarov E.S.* A solution for a car model for the freescale smart-car cup // Innovations in Information and Communication Science and Technology. Tomsk: Tomsk State University of Control Systems and Radio Electronics, 2013. С. 197–203.

ПОДСЕКЦИЯ 3.2

РАСПРЕДЕЛЁННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ

*Председатель – Ехлаков Ю.П., зав. каф. АОИ, проф., д.т.н.
зам. председателя – Сенченко П.В., декан ФСУ,
доцент каф. АОИ, к.т.н.*

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ

*В.В. Григорьев, магистрант каф. АСУ
Научный руководитель И.Ю. Турчановский, директор
Томского филиала ИВТ СО РАН, с.н.с., к.ф.-м.н.
г. Томск, ТУСУР, wladislavhello@gmail.com*

Метод молекулярной динамики (МД) был разработан в 60-х гг. XX в. и получил широкое распространение. Суть этого метода состоит в нахождении траектории атомов (молекул) в соответствии с заданными свойствами межмолекулярного взаимодействия [1]. Следовательно, данная область исследований сопряжена с генерированием и обработкой многомерных данных, получаемых в ходе экспериментов и численного моделирования.

На данный момент существует довольно много программных продуктов, предназначенных для моделирования методом МД в области биологии, в экспериментах с металлами и пр. (например, CHARMM, LAMMPS, XMD). В результате довольно долгого процесса моделирования получаются огромные массивы данных, обработка которых зачастую сравнима по времени с самим моделированием. В качестве примера – задача поиска локальных нестабильностей решетки кристалла (расплавов) при плавлении.

Для сокращения времени обработки данных можно воспользоваться уже известными технологиями распараллеливания – MPI, OpenMP и др. Но так как данные, с которыми приходится работать, довольно большого объема (более 1 Тб), то во внимание попадают инструменты по работе с Big Data – «большими» данными [2]. В частности – Apache Spark.

Apache Spark – программный каркас с открытым исходным кодом для реализации распределённой обработки неструктурированных и слабоструктурированных данных, входящий в экосистему проектов

Hadoop [3]. Главной особенностью Spark является выполнение большинства вычислений непосредственно в памяти, а также самостоятельное распределение нагрузки между вычислительными узлами, что делает его производительнее модели MapReduce. Эти факты должны в значительной степени освободить исследователя от необходимости самому планировать параллельные операции и выиграть немало времени, а возможность Spark работать с распределенным файловым хранилищем (HDFS) избавляет от передачи данных для обработки между вычислительными узлами.

На данный момент в ИВТ СО РАН для развертывания информационной системы выделен и настроен сервер, ведутся работы по загрузке данных моделирования в HDFS. В дальнейшем планируется развернуть на сервере информационную систему научных исследований с веб-доступом, которая затем войдет в мультидисциплинарную платформу научных исследований согласно функциональной структуре [4] (рис. 1).



Рис. 1. Функциональная схема системы

Веб-интерфейс обеспечит удобный и повсеместный доступ к системе; «конструктор» предоставит возможность исследователю составить граф управления расчетом (использовать как уже готовые модули, так и включить собственные); «расчет» произведет основные вычисления; все исходные, промежуточные данные и результаты будут помещаться в распределенное хранилище (HDFS); сервисы статистики и визуализации обеспечат наглядность результатов, в качестве основы рассматриваются JavaScript-библиотеки DC.js и D3.js.

Хранилище данных – очень важный элемент, так как любые вычисления используют и порождают данные, которые нужно правильно хранить. Каждая порция данных без метаданных рискует быть забытой или потерянной, что может породить многие проблемы. Грамотная организация хранения поможет упорядочить, версионировать данные вычислений и предотвратить возможные ошибки.

Инструментарий Apache Spark может использоваться как при непосредственных вычислениях, так и при выборке из результирующих данных путем добавления их в RDD (Resilient Distributed Datasets) – коллекции элементов, распределенных между множеством вычислительных узлов, которые могут обрабатываться параллельно.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Мажужин В.И., Шапранов А.В.* Математическое моделирование процессов нагрева и плавления металлов. Ч. I. Модель и вычислительный алгоритм // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2012. № 31. 27 с. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2012-31>
2. *Бойченко И.В., Турчановский И.Ю.* Построение сервиса данных в информационных системах научных исследований на основе парадигмы Big Data // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Сер.: Информационные технологии. 2015. Т. 13, вып. 2. С. 22–27.
3. Проект Apache Spark [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://spark.apache.org/>
4. *Бойченко И.В.* Сервисно-ориентированный подход к построению систем обработки и анализа данных лидарного зондирования атмосферы / И.В. Бойченко, В.Н. Маричев, И.Ю. Турчановский // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Сер.: Информационные технологии. 2014. Т. 12, № 4. С. 5–12.

ВЕБ-ОРИЕНТИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ ЛИДАРНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ

А.А. Клюкин, магистрант каф. АСУ

Научный руководитель И.В. Бойченко, с.н.с., к.т.н.

Томского филиала ИВТ СО РАН

г. Томск, ri-zone@mail.ru

Дистанционное зондирование атмосферы с помощью лидаров осуществляется с 60-х гг. XX в. Данный метод исследований сопряжен с обработкой пространственно распределенных числовых данных, получаемых в ходе сеансов зондирования. Очевидно, что эффективная обработка массивов экспериментальных данных невозможна без применения компьютерных технологий и специального программного обеспечения.

На данный момент разработано большое число информационных систем в области лидарного зондирования: SAGDAM, ODRIS, MOLSA [1], RAD [2]. Однако все они являются настольными однопользовательскими системами. В разработанных ранее системах не рассматривалась организация многопользовательской коллективной работы. Логичным путем развития разработанных систем является перенос их функционала на сервер для возможности удаленного доступа.

Структура разрабатываемой системы состоит из трех основных частей: веб-интерфейса, веб-сервиса и хранилища данных (рис. 1).



Рис. 1. Структура системы

Веб-интерфейс предоставляет пользователю возможности визуальной работы с функционалом системы, а также позволяет визуализировать данные на разных этапах работы. Для этого применяются различные таблицы и графики, в построении которых используются возможности HTML, CSS и JavaScript.

Веб-сервис реализует функции для проведения расчетов над данными. Сервис построен на основе функционала системы RAD, т. к. она является наиболее развитой из всех рассмотренных. Изначально в данной системе использовался интерфейс командной строки и описание заданий осуществлялось с помощью языка разметки XML. Отделение веб-сервиса от веб-интерфейса позволяет пользователю взаимодействовать с ним другими способами, например с помощью обращения напрямую из локальной программы, с помощью API.

Роль хранилища данных в простейшем случае, когда данных немного, может выполнять файловая система. Пользователь просто указывает файлы данных, с которыми хочет работать. Другой вариант, когда хранилище данных обеспечивает сохранение, поиск и извлечение всех возможных результатов исследования. В данном случае хранилище выполняет функции системы управления версиями. В любое время у пользователя есть возможность провести расчеты с любой версией данных. Такой подход дает много возможностей, но требует больших ресурсов, так как количество хранимых данных многократно увеличивается. Для организации такого типа хранилища используется распределенная файловая система HDFS [3].

На данный момент в ИВТ СО РАН выделен сервер для развертывания системы. В дальнейшем планируется включить в сеть дополнительные серверы для распределенного хранения и обработки данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойченко И.В. Программное обеспечение моделирования, обработки и анализа данных лидарного зондирования газового состава атмосферы: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.18. Томск, 2002. 114 с.
2. Бойченко И.В. Программная система моделирования отраженного от поверхности Земли солнечного излучения / И.В. Бойченко, М.Ю. Катаев // Доклады ТУСУРа. 2009. №1 (19), ч. 1. С. 88–95.
3. HDFS Architecture guide [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://hadoop.apache.org/docs/r1.2.1/hdfs_design.html

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

А.Ю. Колпаков, магистрант каф. АСУ

Научный руководитель И.В. Бойченко, с.н.с., к.т.н.

Томского филиала ИВТ СО РАН

г. Томск, ТУСУР, kolpakoffay@yandex.ru

Коррозия металлоконструкций влечет за собой негативный материальный и экономический ущерб в результате химического и электрохимического воздействия окружающей среды на металл. Трубы как основной элемент транспортировки различных видов жидкостей особенно сильно подвержены ржавлению. Это проявляется в виде язв, дырок и раковин, что влечет к преждевременному износу конструкций и, как следствие, разгерметизации.

При близком расположении газотранспортных трубопроводов к заземленным электрическим промышленным оборудованьям или к железнодорожным путям увеличивается риск непригодности эксплуатации труб из-за электрокоррозии. Причиной этому служат блуждающие токи, которые, как правило, поступают в трубу в одной точке и, проходя некоторое расстояние по ней, выходят в другой точке. В результате электролиза происходит переход железосодержащих частиц в раствор, приводящий к истощению толщины стенок, причем чем сильнее сила блуждающего тока, тем более значительнее повреждения [1].

На данный момент в Томском филиале Института вычислительных технологий СО РАН был разработан прототип системы мониторинга токов утечки (СМТУ) (рис. 1).

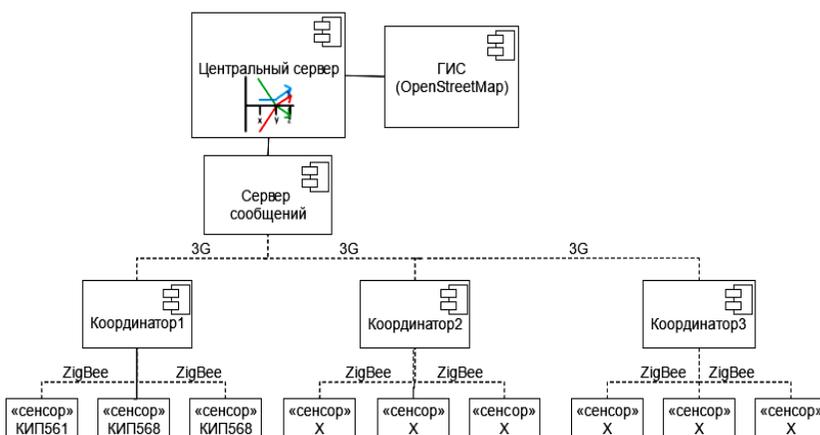


Рис. 1. Архитектура СМТУ

СМТУ включает в себя 4 контрольно-измерительных прибора (КИП), расположенных на тестовом участке в районе поселка Апрель Томской области. Данные КИПов доступны в анонимном режиме в виде графиков по адресу <http://78.139.224.86>. За время работы СМТУ было собрано большое количество информации с КИПов, поэтому вопрос о удобном хранении такого объема данных был решен, используя инструмент, который наиболее популярен и специализируется для работы с Big Data [2] – Apache Spark.

В дальнейшем планируется разработать алгоритмы прогнозируемого состояния изучаемых объектов на Spark/R. Spark/R – это пакет статического языка R, интегрированный в Apache Spark, что позволяет ускорить статический анализ больших данных, используя распределенные нагрузки между вычислительными узлами [3]. Также планируется улучшить визуализацию графиков, используя удобные утилиты для обработки данных, JavaScript-библиотек DC.js и D3.js.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zino N. Как защитить трубопровод от коррозии // Сантехника. 2005. № 1 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2773 свободный.
2. Бойченко И.В., Турчановский И.Ю. Построение сервиса данных в информационных системах научных исследований на основе парадигмы Big Data // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Сер.: Информационные технологии. 2015. Т. 13, вып. 2. С. 22–27.
3. Проект Apache SparkR [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://spark.apache.org/docs/1.6.0/sparkr.html> свободный.

ПРОТОТИПИРОВАНИЕ АДАПТИВНОГО ДИЗАЙНА НА ПРИМЕРЕ СЕРВИСА ВЕДЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО РАСПИСАНИЯ ДЛЯ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ «FLIPTABLE»

Е.М. Луговская, М.В. Владимиров, студенты,

А.И. Назарова, Д.И. Рубанов, магистранты каф. АОИ

Научный руководитель Д.Н. Бараксанов, начальник ЦВТиИР

г. Томск, ТУСУР, Lugkatya@yandex.ru, Ermak--72@mail.ru,

nai@openteam.ru, rdi@openteam.ru

*Проект ГПО АОИ-1512 «Сервис ведения электронного расписания
занятий образовательных организаций»*

В современном мире, где доступ в сеть Интернет общедоступен, человек располагает широким выбором устройств, которыми он может воспользоваться для выхода во Всемирную паутину. Вполне заслуженно типовыми устройствами для этих целей считаются смартфоны,

планшеты, ноутбуки и стационарные ПК. Многообразие моделей устройств и, как следствие, разрешений, приводит к тому, что у пользователей возникают проблемы с визуальным восприятием многих интернет-ресурсов. Данная проблема может возникнуть по ряду причин, например, владельцы ресурса не хотят ограничивать посетителей, предоставляя им полную версию. И эта причина, конечно, имеет право существовать, однако для некоторых веб-сайтов предпочтительнее использовать адаптивный дизайн.

Адаптивный веб-дизайн – это дизайн веб-страниц, обеспечивающий отличное восприятие на различных устройствах, подключенных к Интернету.

Это значит, что один и тот же сайт можно просматривать на самых разных устройствах, независимо от разрешения и формата экрана – смартфонах, планшетах, ноутбуках и т.д. При этом просмотр будет одинаково удобен для всех форматов – пользователям мобильных устройств, например, не нужно будет расширять отдельные области сайта, чтобы не промахнуться мимо нужной ссылки.

Адаптивный дизайн призван сделать веб-страницы и отображение их содержимого соответствующими тому устройству, с которого они просматриваются [1]. Для того чтобы лучше понять его особенности, было решено создать прототипы дизайна для сервиса FlipTable, так как ресурс не имеет адаптивного дизайна.

FlipTable – это сервис электронного расписания для учебных заведений. FlipTable предназначен для ведения и удобной публикации электронного расписания занятий в Интернет и использования на мобильных устройствах. Сервис полностью адаптирован для использования в учреждениях среднего профессионального образования и в высших учебных заведениях.

С целью оптимизации его для различных устройств были разработаны 3 вида дизайна для типовых разрешений: смартфона, планшета и ноутбука.

Согласно фреймворку Twitter Bootstrap, наиболее популярным разрешением для планшетов является 1024×768 [2]. Внешний вид дизайна для планшетов представлен на рис. 1.

Для настольных компьютеров и ноутбуков типовыми разрешениями считаются от 1280 px. Разрешение высокое, поэтому в дизайн могут войти дополнительные элементы декоративного характера. Созданный прототип представлен на рис. 2.

Принимая во внимание большое количество разрешений смартфонов, прототип дизайна был спроектирован для наиболее распространенного формата Андроид – 480×800 (hpd), он соответствует всем

смартфонам Samsung и большинству популярных Nokia [3]. Прототип адаптивного дизайна для смартфонов представлен на рис. 3.

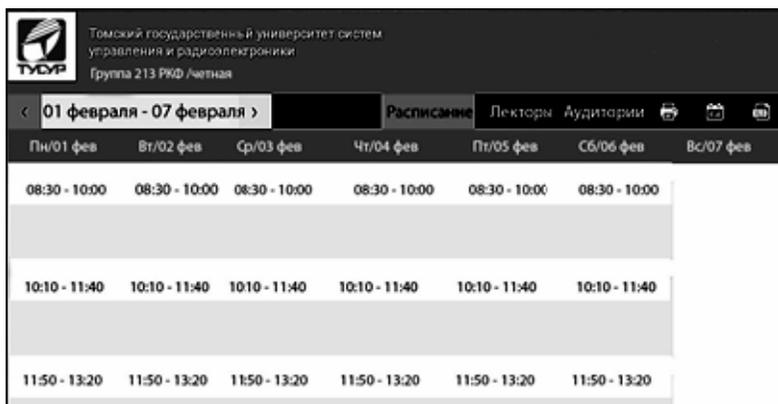


Рис. 1. Внешний вид при отображении на планшете

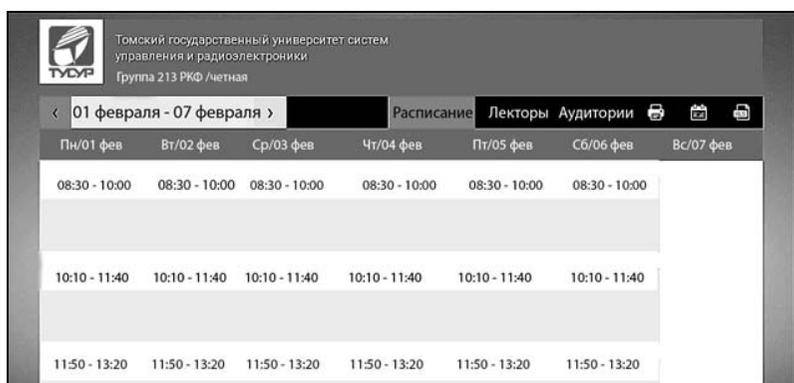


Рис. 2. Внешний вид при отображении на мониторах

Есть вероятность того, что для определенных сайтов необходимость в адаптивном дизайне отсутствует. Нужно хорошо проанализировать выгоду адаптивного дизайна для сайта и тогда принимать решение. Но чаще всего, универсальность ресурса является большим преимуществом, пользователю удобнее находить нужную информацию, не зуммируя отдельные элементы сайта. Для сервиса Flirtable адаптивный дизайн необходим, так как студентам часто приходится смотреть расписание через мобильные устройства. Предложенные варианты дизайна могут существенно упростить эту задачу.

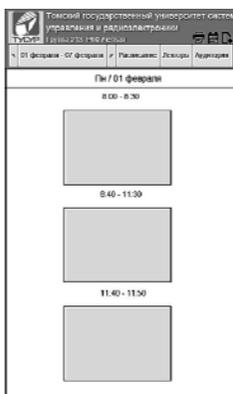


Рис. 3. Прототип дизайна на смартфоне

ЛИТЕРАТУРА

1. *Адаптивный веб-дизайн: что это такое, зачем он нужен и его принципы* // Теплица социальных технологий (ТеСТ) [Электронный ресурс]. URL: <https://te-st.ru/2013/07/11/adaptive-web-design/> (дата обращения: 28.01.16).
2. *Админский путь. Разрешения экрана, на которые нужно делать упор при верстке* [Электронный ресурс]. URL: <http://adminway.ru/razresheniya-ekrana-na-kotorye-nuzhno-delat-upor-pri-verstke-saita> (дата обращения: 14.02.16).
3. *Под какие разрешения мобильных устройств нужно адаптировать сайт* [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fortress-design.com/razresheniya-mobilnyh-ustroystv/> (дата обращения: 14.02.16).

ТИПИЗАЦИЯ АТТРИБУТОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ДАННЫХ

Е.М. Луговская, студентка,

*А.И. Назарова, Д.И. Рубанов, магистранты каф. АОИ
Научный руководитель Д.Н. Бараксанов, начальник ЦВТиИР
г. Томск, ТУСУР, Lugkatya@yandex.ru, nai@openteam.ru,
rdi@openteam.ru*

*Проект ГПО АОИ-1508 «Мультигородской
информационно-справочный портал»*

При разработке программного обеспечения разработчики нередко сталкиваются с ситуацией, когда до начала работы с данными невозможно определить, сколько памяти потребуется для их хранения, память следует распределять во время выполнения программы по мере необходимости отдельными блоками. Блоки связываются друг с другом с помощью указателей. Такой способ организации данных называется динамической структурой данных, поскольку она размещается в

динамической памяти и ее размер изменяется во время выполнения программы [1].

Динамическая структура данных все чаще используется в реальных проектах, к примеру, в проекте ЦВТиИР «Доска объявлений». Доска объявлений – это мультигородской информационно-справочный портал для размещения платных и бесплатных объявлений о товарах и услугах от частных лиц и компаний. Динамическая структура данных в «Доске объявлений» позволяет адаптировать систему под новые запросы пользователей и следовать современным тенденциям, расширяя тем самым предметную область.

Система «Доска объявлений» хранит в себе данные о сущностях и возможных атрибутах, связанных с этой сущностью. Сущности, в свою очередь, могут иметь сотни и даже тысячи атрибутов, либо вовсе их не иметь. Если хранить запись экземпляра сущности в таблице реляционной базы данных, то таблица должна содержать сотни столбцов, при этом значения большинства из них могут отсутствовать, что, по существу, является неэффективным способом хранения данных [2]. Такой подход, к сожалению, лишает гибкости, а если имеется потребность добавления новых атрибутов к уже существующим, о чем говорилось выше, то необходимо каждый раз изменять таблицу базы данных. В связи с этим оптимальным решением проблемы становится построение систем на архитектуре базы данных EAV.

Модель EAV включает в себя три составляющие: Entity, Attribute и Value. Рассмотрим каждую из них подробнее:

- Entity (сущность) представлена такими элементами данных, как, например, товары или покупатели. Каждая сущность имеет свою запись в базе данных.
- Attribute (атрибут) – это элементы данных, характеризующие сущность. Например, сущность «покупатель» имеет такие атрибуты, как ФИО, адрес и т.д.
- Value (значение) в EAV является конкретным значением атрибута. Например, для атрибута «адрес» сущности «покупатель» значением будет являться название улицы [3].

Таким образом, в модели EAV существуют сущности, которые могут иметь множество атрибутов, каждый из которых может иметь какое-либо значение.

Естественно, что при возможном наличии большого количества атрибутов, относящихся к разным сущностям, встает вопрос об их типизации для более удобного использования. Для этого был проведен анализ атрибутов, необходимых для системы «Доска объявлений», и выявленные атрибуты были разделены на несколько типов в зависимости от их предназначения. Стоит отметить, что некоторые атрибуты

используются в каждом объявлении, такие как, например, «адрес» и «описание», они внесены в реляционную БД и не рассматриваются как атрибуты архитектуры EAV. Для данной модели выделены типы атрибутов, они представлены в таблице.

Типовые атрибуты динамической структуры данных

Тип атрибута	Описание	Пример
Строковый	Тип данных, значениями которого является произвольная последовательность (строка) символов алфавита	Может использоваться, как «Комментарий»
Числовой	Множество чисел этого типа представляет собой конечное подмножество бесконечного множества целых и вещественных чисел, ограниченное максимальным и минимальным значениями	Не внесен в реляционную БД, так как может использоваться как «Цена» и «Зарплата» для разных объявлений
Ограниченный список	Множество значений стандартных типов данных и перечисляемых упорядоченно и конечно	Может характеризовать сущность «Обувь» в качестве атрибута «Размер»
Список с выбором значений	Множество значений стандартных типов данных	Используется в случае, если атрибут содержит несколько значений, описывающих сущность. Например, «Тип одежды по сезону» может быть «Летняя» и «Домашняя» одновременно
Взаимосвязанные списки	Конечное множество списков, связанных между собой по идентификаторам	У атрибута «Марка» сущности «Автомобили» есть взаимосвязанный список «Модели»

Так можно типизировать атрибуты в динамических структурах данных для их более простого и эффективного использования. Таким образом, объявление можно составить под конкретный тип, поскольку, например, объявление в разделе «Животные» отличается от объявления в разделе «Спорт». Такой подход придает системе «Доска объявлений» универсальность.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Динамические структуры данных*. НОУ ИНТУИТ [Электронный ресурс]. URL: <http://www.intuit.ru/studies/courses/648/504/lecture/11455> (дата обращения: 25.01.16).

2. *Использование Entity-Attribute-Value (EAV) модели данных в Web-разработке / Форум на Исходниках.Ру [Электронный ресурс]. URL: <http://forum.sources.ru/index.php?showtopic=277383> (дата обращения: 1.02.16).*

3. *Структура базы данных Magento: знакомство с EAV [Электронный ресурс]. URL: <http://gurumagento.varshevsky.com/struktura-bazy-dannyx-magento-znakomstvo-s-eav.htm> (дата обращения: 20.02.16).*

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА ДЕЛЕГИРОВАНИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КРИТИЧЕСКИХ СЕКЦИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МАСШТАБИРУЕМЫХ ПОТОКОБЕЗОПАСНЫХ СТРУКТУР ДАННЫХ

*Д.Е. Медведева, В.Ф. Асланов, магистранты,
А.А. Пазников, доцент каф. ВС*

г. Новосибирск, СибГУТИ, medvedevade@gmail.com

В современных многоядерных вычислительных системах (ВС) с общей памятью [1] на сегодняшний день имеет место рост количества процессорных ядер. В связи с этим возрастает потребность в создании масштабируемых параллельных программ.

В настоящее время к перспективным средствам для обеспечения масштабируемости параллельных программ относятся алгоритмы и потокобезопасные структуры данных, свободные от блокировок (lock-free) [2], и программная транзакционная память (transactional memory) [3]. Однако неблокируемые алгоритмы и структуры данных имеют ограниченную область применения, характеризуются существенными трудозатратами, связанными с разработкой программ, и пропускную способность, которая в некоторых случаях сопоставима с потокобезопасными структурами данных на основе блокировок. Транзакционная память не обеспечивает достаточный уровень производительности и не получила широкого применения. Поэтому применение блокировок для обеспечения потокобезопасности является наиболее распространенным в многопоточном программировании. Основными преимуществами блокировок являются простота использования и обеспечение приемлемого уровня масштабируемости. Поэтому масштабируемые алгоритмы созданные на основе блокировок, являются более востребованными.

На масштабируемость блокировок существенным образом влияют конкурентный доступ к разделяемым данным (access contention) и пространственная локализация обращения к памяти (locality of references). Конкурентный доступ имеет место при одновременном обращении нескольких потоков к критической секции, которая защищена одним

объектом синхронизации. Локальность обращений к данным имеет существенное значение в случае, когда внутри критической секции выполняется обращение к разделяемым данным, которые ранее использовались на другом процессорном ядре. Такая операция приводит к промахам по кэшу и увеличению времени выполнения критических секций.

К наиболее эффективным алгоритмам реализации блокировок относятся CAS spinlocks, Oyama lock [4], CC-Synch [5], DSM-Synch [5], Flat combining [6]. Однако применение данных методов приводит к появлению в программе узких мест (bottlenecks) и увеличению конкурентности доступа. Таким образом, не обеспечивается достаточный уровень масштабирования потокобезопасных структур данных при большой интенсивности выполнения операций.

В работе рассматривается применение метода делегирования критических секций выделенным процессорным ядрам (Remote Core Locking, RCL) [7] для разработки потокобезопасных структур данных. Данный метод предполагает замену в существующих многопоточных программах высоконагруженных критических секций на удалённые вызовы процедур на выделенных процессорных ядрах. Преимуществом RCL являются сокращение накладных расходов на синхронизацию выполнения критических секций за счет снижения загрузки шины данных и повышение локальности обращений к памяти.

Суть метода делегирования выполнения критических секций на выделенных процессорных ядрах состоит в замене выполнения инструкций критических секций в параллельных потоках на удаленный вызов процедур для выполнения этих инструкций на выделенном процессорном ядре. Конкурентность доступа снижается за счёт использования отдельной выделенной кэш-линии для каждого потока-клиента, которая отвечает за хранение информации о критической секции и активного ожидания потока-клиента. Локальность обеспечивается тем, что разделяемые данные с большой вероятностью находятся в локальной кэш-памяти ядра, на котором функционирует сервер, что обеспечивает снижение числа промахов по кэшу (рис. 1).

В работе рассматривается реализация на основе RCL потокобезопасных ассоциативных массивов и линейных списков. Эти структуры данных являются одними из наиболее распространённых в многопоточных программах. В качестве линейного списка был выбран потокобезопасный стек, для которого характерны проблемы масштабируемости, свойственные для большинства других структур данных [8]. Для реализации ассоциативных массивов широко применяются хеш-таблицы с открытой адресацией, которые рассматриваются в данной работе. Применение хеш-таблиц с открытой адресацией позволяет со-

кратить использование памяти и повысить локализацию обращений к ячейкам таблицы.



Рис. 1. Массив запросов на выполнение критических секций RCL

Было проведено сравнение с аналогичными структурами данных на основе других алгоритмов блокировки (PThreads mutex, Spinlock, MCS), а также неблокируемыми потокобезопасными структурами данных. Результаты анализа эффективности созданных структур данных показывают, что метод RCL позволяет повысить масштабируемость хеш-таблиц и стеков по сравнению с другими реализациями потокобезопасных структур данных. Оптимизация достигается тем, что элементы структур данных (ячейки массива хеш-таблицы и вершина стека) находятся в кэш-памяти одного процессора, на котором функционирует RCL-сервер, что позволяет минимизировать количество промахов по кэшу при выполнении операций в параллельных потоках.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты № 15-07-02693, 15-37-20113, 15-07-00653, 16-07-00712, 15-07-00048).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Хорошевский В.Г.* Распределённые вычислительные системы с программируемой структурой // Вестник СибГУТИ. 2010. №2 (10). С. 3–41.
2. *Herlihy M., Shavit N.* The Art of Multiprocessor Programming // Revised Reprint. Elsevier. 2012. P. 103–167.
3. *Herlihy M., Moss J.* Transactional memory: Architectural support for lock-free data structures // ACM. 1993. Т. 21, № 2. С. 289–300.
4. *Oyama Y., Taura K., and Yonezawa A.* Executing parallel programs with synchronization bottlenecks efficiently // Proceedings of the International Workshop on Parallel and Distributed Computing for Symbolic and Irregular Applications. 1999. P. 1–24.
5. *Fatourou P., Kallimanis N.* Revisiting the combining synchronization technique // ACM SIGPLAN Notices. ACM. 2012. Т. 47, № 8. P. 257–266.
6. *Hendler D.* Flat combining and the synchronization-parallelism tradeoff // Proceedings of the twenty-second annual ACM symposium on Parallelism in algorithms and architectures. ACM. 2010. P. 355–364.

7. *Lozi J. Remote Core Locking: Migrating Critical-Section Execution to Improve the Performance of Multithreaded Applications // USENIX Annual Technical Conference. 2012. P. 65–76.*

8. *Shavit N. Data structures in the multicore age // Communications of the ACM. 2011. Т. 54, № 3. P. 76–84.*

МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЯМИ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА

***А.И. Назарова, Д.И. Рубанов, В.М. Бритвич, магистранты,
Е.М. Луговская, студентка каф. АОИ***

*Научный руководитель Д.Н. Бараксанов, начальник ЦВТУИР
г. Томск, ТУСУР, nai@openteam.ru, rdi@openteam.ru,
bvm@openteam.ru, lugkatya@yandex.ru*

*Проект ГПО АОИ-1512 «Сервис ведения электронного расписания
занятий образовательных организаций»*

В настоящее время одним из самых важных вопросов, с которым сталкиваются все ИТ-компании, является вопрос выбора бизнес-модели собственной деятельности. Наиболее перспективными вариантами в таком случае считаются заказные и продуктовые бизнес-модели. Суть заказной бизнес-модели заключается в продаже «человеко-часов», ввиду чего прибыль компании-разработчика прямо пропорциональна числу привлеченных программистов. Продуктовая модель предполагает создание востребованного на рынке (в том числе и глобальном) продукта (или портфеля продуктов) и обеспечение его тиражирования на корпоративный рынок [1]. Анализируя преимущества и недостатки каждой бизнес-модели, большинство ИТ-компаний приходят к выводу о большей эффективности продуктовой (тиражной) разработки, т.к. современная сложная ИТ-инфраструктура и высококонкурентная бизнес-среда обеспечивают тиражным приложениям более прочные позиции, нежели заказным разработкам.

Главным ключом успеха современных ИТ-компаний является своевременное обновление программного продукта, в соответствии со всеми микроэкономическими и макроэкономическими требованиями клиента, среди которых могут оказаться, как измененная нормативная база в государстве, так и результаты реинжиниринга в учебном заведении. При выборе в качестве бизнес-модели модели тиражирования программного продукта ИТ-компания следует быть готовой к огромному потоку пожеланий и требований со стороны всех своих клиентов. Получить поток пожеланий от клиентов, структурировать его, проана-

лизировать на критерий эффективности – вот основная задача, с которой сталкиваются современные разработчики при выборе тиражирования программного продукта. Правильное решение данной проблемы сформирует хорошие взаимоотношения с клиентами и, как следствие, увеличение коммерческой составляющей проекта. Неправильно принятое решение может способствовать потере значительной части материальных ресурсов, необходимости нанимать дополнительные трудовые ресурсы для компании и недовольству со стороны клиентов.

В настоящее время выделяют всего два подхода, позволяющих регулировать изменения программного продукта: внедрение и использование концепции управления качеством информационных услуг (ITSM) или же подробное изучение библиотеки передового опыта в области управления информационными технологиями (ITIL) [2]. В общих чертах ITSM предлагает новое видение организации функционирования ИТ-подразделений, порядок управления этими подразделениями, пути повышения эффективности использования ИТ-ресурсов. Подробное представление бизнес-процессов, согласно ITSM можно увидеть на рис. 1 [3].

Что касается ITIL, то подход представляет собой библиотеку, выпущенную для использования ИТ-подразделениями. Сегодня ITIL включает в себя около сорока томов книг, подвергающихся постоянным изменениям и усовершенствованиям. Последняя редакция включает в себя семь книг: поддержка услуг, предоставление услуг, планирование внедрения управления услугами, управление приложениями, управление инфраструктурой ИКТ, управление безопасностью, бизнес-перспектива [2, 4]. Основная идея ITIL: внедрять необходимо все требования на изменения на доступном в конкретный момент уровне возможностей; при невозможности внедрения процесса следует его зафиксировать и реализовать в недалеком будущем.

Перечисленные методы на настоящий момент получили широкое распространение среди современных ИТ-компаний, некоторые постулаты подходов соблюдаются даже без предварительного ознакомления с ними. Так, практически всегда требования об изменении программного продукта со стороны пользователя фиксируются и некоторые требования выполняются в соответствии с текущими возможностями; помимо прочего, всем требованиям присваивается приоритетность выполнения и количество запросов об изменении. Однако ни один из перечисленных методов не дает никаких гарантий и помощи в выборе конкретного сценария изменений, а также не учитывает в должной мере взаимоотношения с клиентами.

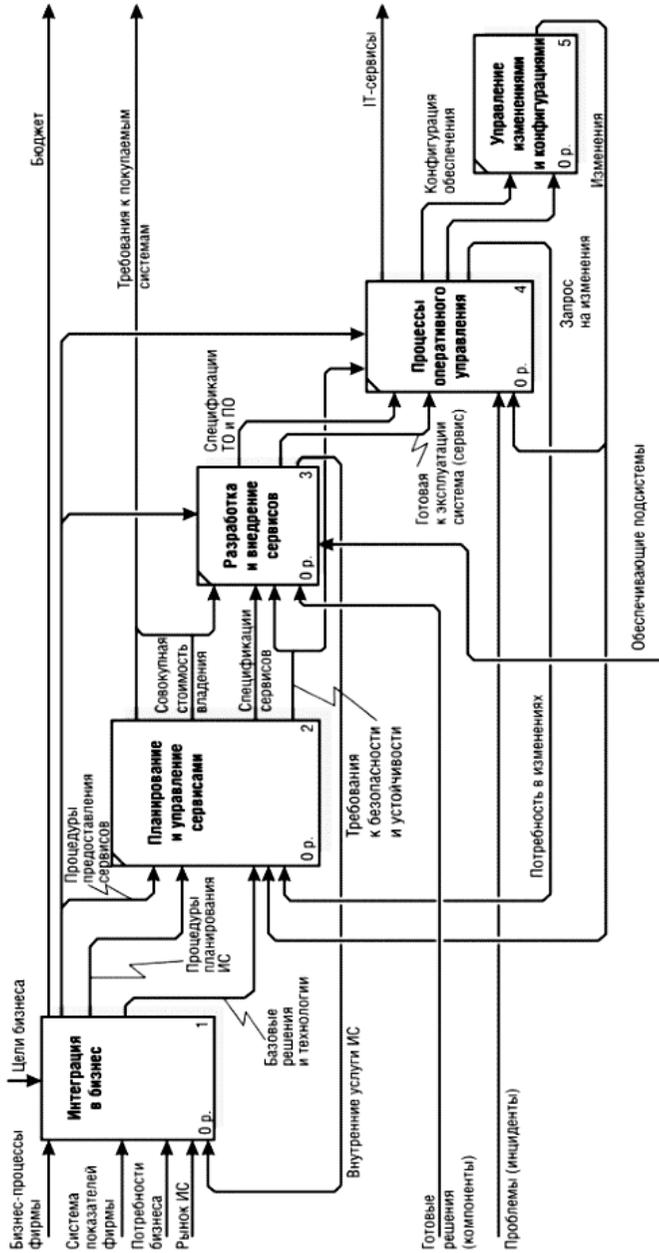


Рис. 1. Бизнес-процессы в соответствии с подходом ITSM

Устранить данный пробел было решено в рамках группового проектного обучения путем разработки методов и математической модели оценки потока пользовательских предпочтений, с помощью которого можно будет наглядно определить наиболее перспективные варианты управления изменениями, с учетом пожеланий пользователей, количества обращений имеющихся материальных и трудовых ресурсов. Результаты исследований будут внедрены в сервис ведения электронного расписания «Fliptable» [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Бараксанов Д.Н. Математическое и программное обеспечение поддержки принятия решений при продвижении программного продукта на рынок: дис. ... канд. техн. наук: 09.06.01. Томск, 2016. 178 с.
2. Старкова Н.О., Старков И.С. Применение современных подходов к управлению изменениями в информационной системе предприятия // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2011. № 66.
3. Закусова Ю.С. IT-сервисы в процессном подходе к управлению // Прикладная информатика. 2006. №5.
4. Как обеспечить эффективное управление изменениями? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://citcity.ru/13937/> (дата обращения: 26.02.16).
5. Сервис ведения электронного расписания «Fliptable» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://fliptable.ru/> (дата обращения: 26.02.16).

МЕТОДЫ ВЕДЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО РАСПИСАНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

*А.И. Назарова, Д.И. Рубанов, В.М. Бритвич, магистранты,
Е.М. Луговская, студентка каф. АОИ,
Д.Н. Бараксанов, начальник ЦВТиИР*

*г. Томск, ТУСУР, nai@openteam.ru, rdi@openteam.ru,
bvm@openteam.ru, lugkatya@yandex.ru, bdn@openteam.ru
Проект ГПО АОИ-1512 «Сервис ведения электронного расписания
занятий образовательных организаций»*

В мире стремительного развития информационных технологий практически невозможно найти учебное заведение, где расписание учебных занятий не представляется на сайте в том или ином формате. Объяснить данный факт несложно: во-первых, учебные заведения стремятся уменьшить рутинную работу с бумагами, предоставляя участникам учебного процесса готовое расписание на сайте; во-вторых, существуют требования ФГОС ВО и СПО, согласно которым расписание учебных занятий должно находиться в открытом доступе. Имеет-

ся механизм обновления расписания в онлайн-режиме с информированием участников об изменениях [1]. Для решения поставленных задач учебные заведения, как правило, прибегают к одному из двух вариантов ведения электронного расписания: использование офисных пакетов или сложных программных комплексов.

Первый вариант, подразумевающий использование офисных пакетов, чаще всего находит свое применение в средне-специальных учебных заведениях, а также в вузах, где требуется максимальная доступность, простота и дешевизна решения. К очевидным примерам ведения расписания с использованием офисных пакетов можно отнести ведение расписания в электронных таблицах или в текстовых документах (в т.ч. с помощью Microsoft Office, LibreOffice, Google Docs и т.п.). В результате долгого ручного внесения информации в таблицы расписаний подобного рода на сайт загружается итоговый документ с расписанием учебных занятий в формате *xls, *doc, *pdf или же крепится ссылка на расписание, хранящееся в Google таблицах.

Безусловно, использование офисных пакетов имеет свои неоспоримые преимущества: отсутствие материальных затрат, интуитивно понятный и привычный интерфейс для диспетчеров расписания, отсутствие необходимости специальных компьютерных навыков и поддержки IT-специалистов. Однако вместе с неоспоримыми преимуществами имеются и недостатки: трудоемкий «ручной» ввод сведений о расписании занятий, отсутствие возможности проведения анализа (в т.ч. статистика о выполнении учебного плана, сформированная «шахматка» занятости ППС и аудиторного фонда, подсказки при наличии «накладок» в расписании и т.п.). Вместе с тем важную роль играет отсутствие удобного предоставления информации для пользователей: расписание для преподавателей может быть представлено только при предварительном составлении его в электронном виде, что чаще всего не предусмотрено (автоматическое формирование из расчета занятости групп отсутствует), просмотр расписания доступен исключительно в предоставленном формате без возможности удобной конвертации в другой формат, синхронизация с мобильными приложениями невозможна.

Для частичного устранения выявленных проблем при использовании офисных пакетов крупные вузы решают использовать второй вариант – сложные программные комплексы. К очевидным примерам ведения расписания с использованием сложных программных комплексов относятся такие существующие решения, как «IC:Университет», «Галактика», «AVTOR» и др. Подобные системы предлагают не просто автоматизированно вести готовое расписание, но и составлять новое расписание, ввиду чего являются сложными для понимания

и обладают избыточностью функционала. Основными этапами использования сложных программных комплексов являются: ручное занесение в систему пользовательских предпочтений или «правил» для составления расписания; ввод справочников преподавателей, аудиторного фонда, групп, учебных планов, времени занятий и др.; автоматическое или полуавтоматическое составление расписания; выгрузка расписания учебных групп в формате *xml. Полученное расписание в формате *xml учебному заведению собственными средствами необходимо загрузить на сайт. Примечательно, что справиться с этим *xml-файлом не сможет диспетчер расписания, в связи с чем приходится отдавать данную работу в распоряжение программистам, которые выгрузят расписание на сайт, используя знания html-разметки.

Таким образом, использование сложных программных комплексов также имеет положительные и отрицательные стороны. К положительным сторонам можно отнести: наличие автоматизированного составления расписания и предоставление множества отчетных, статистических и аналитических данных. К существенным недостаткам следует отнести: высокий уровень материальных затрат (от 96 000 рублей) [2]; необходимость привлечения IT-специалистов для проведения инструктажа по эксплуатации системы и внедрения расписания на сайт учебного заведения; отсутствие данных о расписании преподавателя; невозможность скачать расписание в каком-либо формате, т.к. расписание в таком случае является статичной неотъемлемой частью сайта учебного заведения.

Оптимальным решением проблемы, устраняющим большинство недостатков других методов, станет последняя разработка Центра веб-технологий и информационных ресурсов ТУСУРа – облачный сервис ведения электронного расписания «FlipTable» [3]. Так, с одной стороны, сервис можно использовать вместо офисных пакетов, т.е. без существенных дополнительных затрат на создание и сопровождение собственной IT-инфраструктуры. С другой стороны, имеются полезные функции, как и в сложных программных комплексах: при внесении расписания организация получает возможность автоматического формирования необходимых статистических отчетов (статистика о выполнении учебного плана, сформированная «шахматка» занятости ППС и аудиторного фонда, подсказки при наличии «накладок» в расписании и т.п.).

Пользователям «FlipTable», в свою очередь, предоставляются широкие возможности использования информации в любом из доступных форматов: просматривать онлайн на веб-сайте или в мобильном приложении, загрузить в привычном *xls или в формате календарей *iCal, распечатать в формате *pdf. Вместе с тем огромными преимуществами

также являются: автоматическое формирование расписания ППС и аудиторного фонда при введении расписания учебных групп; отсутствие необходимости пакетной установки сервиса (сервис доступен в любом браузере); лояльные условия оплаты (платный и бесплатный вариант продления подписки на использование).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Портал* Федеральных государственных стандартов высшего образования [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://fgosvo.ru/fgosvo/92/91/4> (дата обращения: 23.02.16).

2. *1С:Университет*. Карточка решения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://solutions.1c.ru/catalog/university/buy> (дата обращения: 24.02.16).

3. *Сервис* ведения электронного расписания «FlipTable» [Электронный ресурс]: <http://fliptable.ru/> (дата обращения: 24.02.16).

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ПРОБОЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ПУЧКОВ УБЕГАЮЩИХ ЭЛЕКТРОНОВ МЕТОДОМ ЧАСТИЦА-В-ЯЧЕЙКЕ

В.С. Рожков, магистрант каф. АСУ

*Научный руководитель И.Ю. Турчановский, с.н.с.,
директор Томского филиала ИВТ СО РАН, к.ф.-м.н.*

г. Томск, newempty@mail@gmail.com

Одним из наиболее развитых на данный момент теоретических методов исследования развития пробоя и формирования пучков убегающих электронов в геометрии с резко неоднородным электрическим полем является численное моделирование методом частиц-в-ячейках. Данный метод позволяет не только подробно изучить процессы, происходящие в межэлектродном промежутке, пошагово выдавая распределение напряженности электрического поля и энергетический спектр электронов, но и получить ряд характеристик, недоступных в эксперименте. К таким характеристикам относятся: импульс ускоряющего напряжения на диоде, энергетический спектр электронов перед фольгой, отделяющий узел регистрации пучка и диод. Кроме того, появляется возможность измерения тока пучка не с помощью коллектора, индуктивность которого обычно слишком велика, чтобы измерить импульсы сверхкороткой длительности, а непосредственно подсчитывая поток электронов на плоскость анода или коллектора. При этом для сравнения параллельно получают характеристики, регистрируемые экспериментально.

Основной цикл программы состоит из следующих шагов:

- Решение уравнений движения частиц – на этом этапе происходит расчет новых координат модельной частицы, исходя из знания проекций скорости движения частиц.

- Взвешивание частиц – это вычисление распределения концентрации заряда на основе данных о положении частиц в пространстве. Для этого на расчетное пространство накладывается сетка. После чего определяется ячейка пространственной сетки, в которой находится частица, и в самой простой модели весь заряд частицы и плотность тока, переносимая ей, суммируются с зарядом и плотностью тока этой ячейки.

- Решение уравнений полей – расчет распределения напряженностей электрических и магнитных полей, исходя из ранее вычисленных распределений плотности заряда и тока на пространственной сетке. В зависимости от того, какое уравнение при этом решается, можно говорить о системе уравнений Власова–Максвелла или Власова–Пуассона.

- Взвешивание полей – этот этап предшествует этапу решения уравнений движения частиц и вычисляет скорости частиц, исходя из их положения и влияния на них электрических и магнитных полей [3].

На данный момент реализовано несколько компьютерных программ, позволяющих моделировать пучки убегающих электронов (LAVINA, SHORT SPARK) [1]. В процессе моделирования убегающих электронов производится большое количество вычислений и для сокращения времени моделирования можно воспользоваться уже известными технологиями распараллеливания – MPI, OpenMP и др. Учитывая, что данные, с которыми приходится работать, довольно большого объема (более 1 Тб), было принято решение использовать инструменты по работе с Big Data (большие данные) [2]. В частности – Apache Spark.

Apache Spark – программный каркас с открытым исходным кодом для реализации распределённой обработки неструктурированных и слабоструктурированных данных, входящий в экосистему проектов Hadoop [4]. Главной особенностью Spark является выполнение большинства вычислений непосредственно в памяти, а также самостоятельное распределение нагрузки между вычислительными узлами, что делает его производительнее модели MapReduce. Эти факты должны в значительной степени освободить исследователя от необходимости самому планировать параллельные операции и выиграть немало времени, а возможность Spark работать с распределенным файловым хранилищем (HDFS) избавляет от передачи данных для обработки между вычислительными узлами.

На данный момент в ИВТ СО РАН для развертывания информационной системы выделен и настроен сервер, ведутся работы по загрузке данных моделирования в HDFS. В дальнейшем планируется развернуть на сервере информационную систему научных исследований с веб-доступом, которая затем войдет в мультидисциплинарную платформу научных исследований, согласно функциональной структуре (рис. 1) [5].



Рис. 1. Функциональная схема системы

Хранилище данных – очень важный элемент, так как любые вычисления используют и порождают данные, которые нужно правильно хранить. Каждая порция данных без метаданных рискует быть забытой или потерянной, что может породить многие проблемы. Грамотная организация хранения поможет упорядочить, версионировать данные вычислений и предотвратить возможные ошибки.

Инструментарий Apache Spark может использоваться как при непосредственных вычислениях, так и при выборке из результирующих данных путем добавления их в RDD (Resilient Distributed Datasets) – коллекции элементов, распределенных между множеством вычислительных узлов, которые могут обрабатываться параллельно.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Орешкин Е.В.* Моделирование пучка убегающих электронов в газовых разрядах высокого давления. М., 2013. URL: <http://fizmathim.com/modelirovanie-puchka-ubegayuschih-elektronov-v-gazovyh-razryadah-vysokogo-davleniya>
2. *Бойченко И.В., Турчановский И.Ю.* Построение сервиса данных в информационных системах научных исследований на основе парадигмы Big Data // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Сер.: Информационные технологии. 2015. Т. 13, вып. 2. С. 22–27.
3. *Шкляев В.А.* Численное моделирование импульсного пробоя газа методом частиц-в-ячейках / В.А. Шкляев, В.В. Рыжов. Томск, 2012.
4. *Проект Apache Spark* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://spark.apache.org/>

5. Бойченко И.В. Сервисно-ориентированный подход к построению систем обработки и анализа данных лидарного зондирования атмосферы / И.В. Бойченко, В.Н. Маричев, И.Ю. Турчановский // Вестн. Новосиб. гос. ун-та., Сер.: Информационные технологии. 2014. Т. 12, № 4. С. 5–12.

СОВРЕМЕННЫЕ АРХИТЕКТУРЫ GRID-СИСТЕМ

В.М. Саклаков, магистрант каф. ОСУ, НИ ТПУ

Научный руководитель М.А. Иванов, зав. каф. ОСУ, к.т.н.

г. Томск, Томский политехнический университет, romanov_ky@mail.ru

На сегодняшний день в большом количестве организаций сконцентрировано множество вычислительных средств. Они имеют распределенный характер, гетерогенную структуру и зачастую не всегда используются по назначению либо просто простаивают. С другой стороны, существует множество задач достаточно большого масштаба, для решения которых такие ресурсы будут востребованы. На данном разрыве и появились технологии Grid Computing, т.е. технологии распределенной обработки данных в гетерогенных вычислительных кластерах. Анализ Grid-архитектур посвящена настоящая работа. Также стоит упомянуть параллельно развивавшиеся технологии: Cloud computing (облачные вычисления), jungle computing (вычислительные джунгли) [1].

Grid-система прежде всего должна управлять отношениями между ресурсами любых потенциальных участников планируемого проекта. Одной из главных проблем здесь является обеспечение взаимодействия между различными языками, программными средствами, платформами. Для осуществления этого взаимодействия в контексте сети необходимы общие протоколы. Именно поэтому Grid-архитектура – это прежде всего система протоколов, определяющих механизмы взаимодействия между элементами сети. На основе стандартных протоколов можно строить инструментальные средства разработки (SDK) и интерфейсы прикладного программирования (API).

Grid-системы имеют следующую классификацию [2]:

- вычислительные (computational Grid);
- интенсивной обработки данных (data Grid);
- сервисные (service Grid);
- обработки знаний (knowledge Grid);
- семантические (semantic Grid);

Важным элементом является система диспетчеризации задач (job scheduling) и управления ресурсами Grid. В настоящее время существуют три базовые архитектуры. Их особенности представлены на рис. 1.

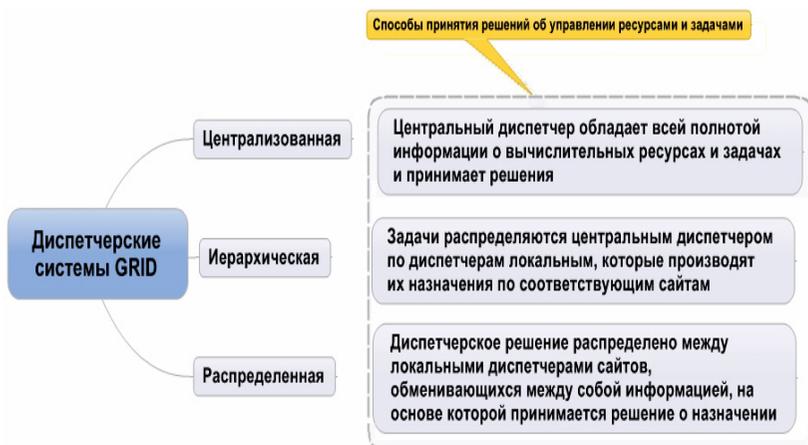


Рис. 1. Диспетчерская система управления задачами и ресурсами Grid

Для использования ресурсов сети необходим ее мониторинг. Стратегия мониторинга зависит от того, какая диспетчерская система используется. *Централизованная система мониторинга* является наиболее простым решением. В ней используется лишь один сервер, задачей которого является опрос и контроль всех серверов вычислений. Однако у нее есть один серьезный недостаток – резкий рост служебной информации. Для поиска ресурсов в системе с малым их количеством, необходимое время близко к константному. Таким образом, использование данной системы является целесообразным лишь при небольшом количестве ресурсов в системе. При использовании *распределенной системы мониторинга* информацию о ресурсе клиент получает непосредственно в нем самом, что позволяет решить задачу непротиворечивости. При этом для поиска нужного ресурса необходимо сканировать все ресурсы Grid-системы, что создает большую нагрузку на каналы связи. При использовании *иерархической системы мониторинга* используется множество серверов, соединенных в виде древовидного графа. Как клиенты, так и серверы вычислений производя подключение к самым нижним серверам мониторинга в иерархии. Клиент отправляет запрос на вычислительные ресурсы, который поднимается по уровням снизу вверх до тех пор, пока на одном из уровней они не будут предоставлены. Клиент останавливает поиск и продолжит его после некоторой задержки, если корневой сервер не может выделить ресурсов. Очевидной проблемой является затраченное время на поиск ресурсов. По мнению ряда авторов [3], иерархическая система более эффективна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Саак А.Э. Прогноз ресурсной оболочки при диспетчеризации в grid-системах с централизованной архитектурой // Известия ЮФУ. Технические науки. 2014. № 7. С. 239–248.
2. Саак А.Э. Управление ресурсами и заявками пользователей в GRID-системах с централизованной архитектурой // XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014. 2014. С. 7489–7498.
3. Симоненко В.П., Щербина О.В. Выбор архитектуры системы мониторинга ресурсов в глобальных GRID системах // Вестник Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт». Сер.: Информатика, управление и вычислительная техника. 2012. № 57. С. 25–29.

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ПРОГРАММНЫХ ПРОЕКТОВ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИИ

М.А. Шишанина, студентка каф. АОИ

*Научный руководитель О.И. Жуковский, доцент каф. АОИ, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, mari-scan@yandex.ru*

В стандартах управления проектами особое место занимает управление проектными рисками, поскольку, как свидетельствует статистика, в 92% случаях причина неудач проекта в неумении принимать решения и владеть ситуацией в условиях полной или частичной неопределенности, неполноты и неточности информации [1].

В этих условиях становится актуальной задача упреждающего управления рисками программных проектов (далее – ПП), при этом важно не только предвидеть наступление риска (выявить причины и следствия), но и своевременно предпринять меры воздействия на риск и его источники. По этой причине актуальным становится использование знаний и опыта, накопленных в процессе выполнения аналогичных проектов. Одним из перспективных направлений в системах управления знаниями является онтология как методология описания и использования знаний о предметной области исследования [2].

В теории и практике проектирования онтологий существуют следующие подходы:

- формальный – основан на логике;
- лингвистический – основан на изучении естественного языка и построении онтологий на больших текстовых массивах.

Формальная модель онтологии – это система, которая состоит из набора понятий и набора утверждений об этих понятиях, на основе которых можно строить классы, объекты, отношения, функции и теории. Большинство моделей онтологий содержат следующие компоненты:

- концепты (понятия, классы);
- свойства концептов (атрибуты, роли);
- отношения между концептами (зависимости, функции);
- дополнительные ограничения, которые определяются аксиомами;
- примеры использования.

Главное отличие онтологии от словаря – внутреннее единство, логическая взаимосвязь и непротиворечивость используемых понятий.

Проблема при построении онтологии процесса управления рисками – это отсутствие единого методологического принципа проектирования, так как процесс построения онтологии по большей части зависит от опыта и знаний экспертов, участвующих в оценке рисков.

В целом, вне зависимости от классификации рискообразующих факторов, процесс оценивания рисков происходит одинаково, используя стандартные методики, и состоит из этапов, представленных на рис. 1.



Рис. 1. Процесс управления рисками ПП

Из-за проблем, возникающих при проектировании онтологии, в качестве основы проектирования предлагается использовать функциональную модель (рис. 2) по следующим причинам:

- общий процесс представлен в виде множества взаимодействующих функций;
- иерархии диаграмм и блоков обеспечивают обзорность процесса, а также все множество концептов, используемых при оценке рисков;
- использование графического языка позволяет лаконично и однозначно показать все элементы (концепты), отношения и связи между ними, участвующие в процессе оценивания рисков, а также выявить ошибочные или дублирующие связи;
- модель позволяет облегчить передачу информации от одного участника к другому, так как зависит только от точки зрения, проектировщика модели;
- множество терминов (концептов), используемых при проектировании модели, подлежат документированию, что позволяет избежать неоднозначности интерпретации множества концептов.

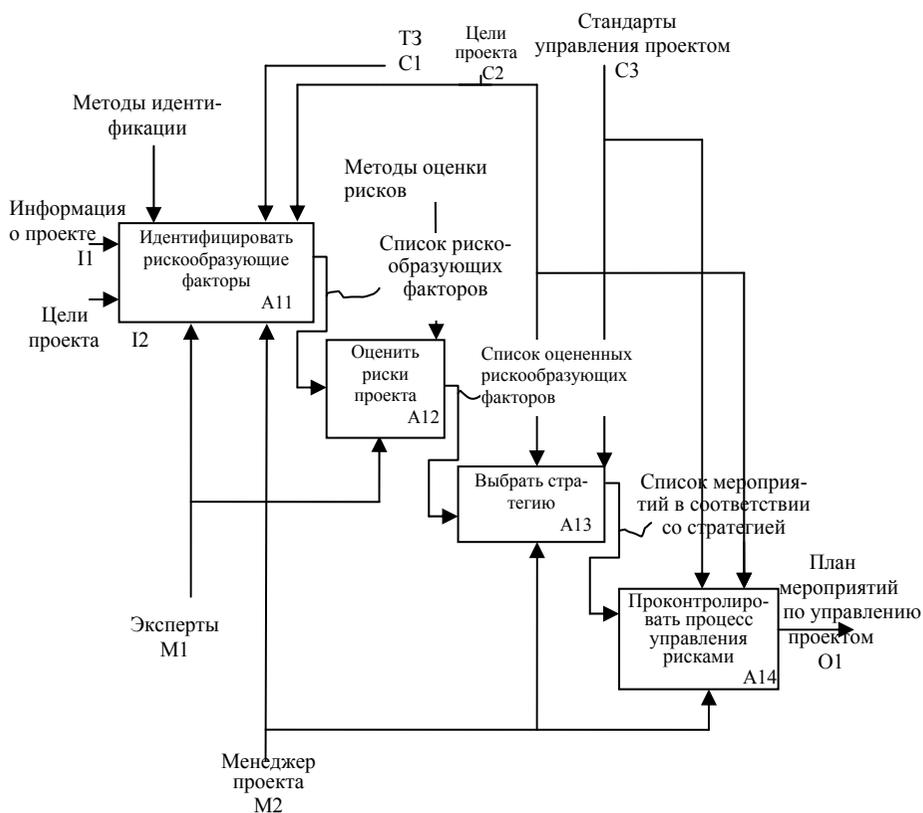


Рис. 2. Функциональная модель общего процесса управления рисками

Разработанная функциональная модель общего процесса управления рисками является основой для разработки онтологий управления рисками конкретных проектов и выполнена в рамках работ по государственному заданию по теме «Развитие и конкретизация моделей и алгоритмов поддержки принятия решений по управлению рисками в социально-экономических и производственно-технологических системах».

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдошин С.М., Песоцкая Е.Ю. Информатизация бизнеса. Управление рисками. М.: ДМК-Пресс, 2011. 176 с.
2. Тузовский А.Ф., Чириков С.В., Ямпольский В.З. Системы управления знаниями (методы и технологии) / под общ. ред. В.З. Ямпольского. Томск: Изд-во НТЛ, 2005. 260 с.

**АУТСОРСИНГ В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИЕМА,
ПЕРЕДАЧИ И РЕШЕНИЯ ИНЦИДЕНТОВ ПРИ УПРАВЛЕНИИ
СРЕДНИМИ И КРУПНЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ**

*А.В. Волос, М.С. Герасимова, Е.А. Гольцова, М.Г. Крашенинников,
А.А. Терентьева, студенты каф. АОИ*

Научные руководители П.В. Сенченко, доцент каф. АОИ, к.т.н.,

Ю.Б. Гриценко, доцент каф. АОИ, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, pvs@tusur.ru, ubg@muma.tusur.ru

*Проект ГПО АОИ-1401 «Информационная технология
диспетчеризации аутсорсинговых услуг»*

Система управления заявками сотрудников предприятия обеспечивает устойчивую работу всех подразделений организации, оперативно реагирует на неполадки путем предоставления сервисов, позволяющих формировать запросы на получение поддержки от специалистов различных подразделений. ИТ-аутсорсинг – это передача внешнему поставщику работ и задач, ответственности за часть процесса обслуживания или функционирование ИТ-системы. Возможности ИТ-аутсорсинга позволяют руководителям компаний не волноваться о работоспособности компьютерной сети компании и сосредоточить свое внимание исключительно на проблемах, связанных с основной деятельностью предприятия. Важная составляющая ИТ системы – профессиональная поддержка пользователей.

Система управления является службой, которая осуществляет централизованный контроль и поддержку пользователей по вопросам, касающимся технической, программной базы, обслуживания компьютерного оборудования. Подобная служба выполняет функции одного из видов аутсорсинга. Служба технической поддержки – сервисная структура, разрешающая проблемы пользователей с компьютерами (как аппаратным, так и программным обеспечением) и оргтехникой [1]. Сегодня почти у каждого сотрудника на производстве есть в наличии компьютер, и у каждого сотрудника рано или поздно появляются технические проблемы. Раньше приходилось тратить драгоценное время и искать человека, который сможет исправить проблему, но с появлением системы управления заявками этот процесс автоматизировался (рис. 1).

Страница портала системы доступна каждому пользователю, через которую он может заявить о технической проблеме или просто задать вопрос службе технической поддержки либо помочь другому человеку, если он уже сталкивался с аналогичной проблемой. Все обращения (заявки) регистрируются в единой базе, каждая заявка имеет свой идентификационный номер. Пользователи системы могут отсле-

живать ход выполнения заявок и просматривать данные по уже выполненным заявкам [2].

Преимущества системы:

1. Позволяет специалистам поддержки быстро разрешать проблемы, схожие с уже возникавшими.
2. Повышает эффективность работы отдела за счёт решения инцидентов без обращения в службу поддержки.
3. Возможность самостоятельно устанавливать ценовую политику при обращении к специалистам.
4. Экономия средств компании на содержание персонала, осуществляющего поддержку аппаратного и программного обеспечения [3].

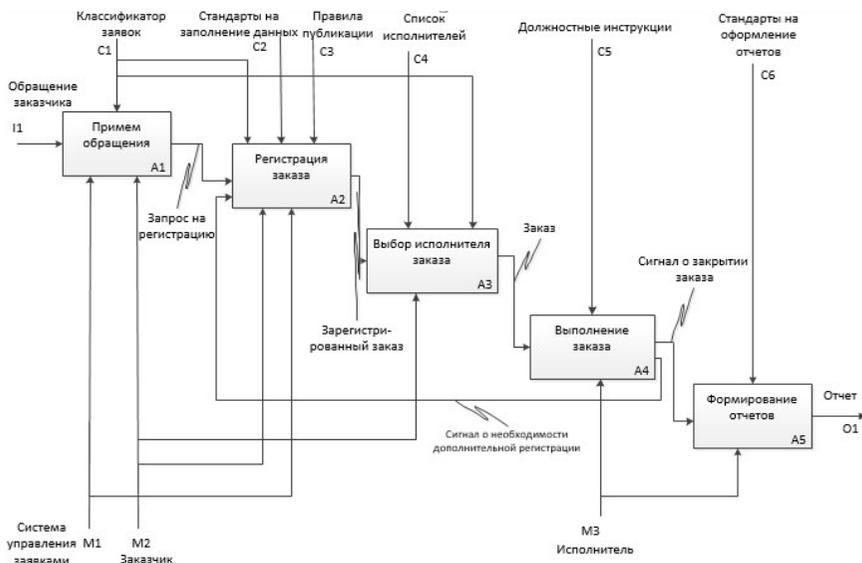


Рис. 1. Функциональная модель аутсорсинга в системе автоматизации приема, передачи и решения инцидентов при управлении средними и крупными предприятиями

Заключение. Разрабатываемая система обеспечит существенное сокращение временных и материальных затрат и позволит увеличить производительность предприятий за счет передачи процессов поддержки на аутсорсинг, что в свою очередь приведет к повышению качества выпускаемого продукта и даст возможность сосредоточиться на основной деятельности предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волос А.В. Повышение эффективности работы предприятия за счет использования системы автоматизации приема, передачи и решения инцидентов,

возникших на предприятиях среднего и крупного типа / А.В. Волос, М.С. Герасимова, Е.А. Гольцова, М.Г. Крашенинников // XX Всерос. науч.-техн. конф. «Научная сессия ТУСУР–2015: сб. статей. Томск, 2015. Ч. 3. С. 113–116.

2. *Информационные системы для технического менеджмента предприятия* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.itm.spb.ru/advance> (дата обращения: 10.09.2016).

3. *Гриценко Ю.Б.* Интерфейс взаимодействия геонформационных технологий ведения электронного генерального плана со сторонними программными / Ю.Б. Гриценко, О.И. Жуковский, И.В. Лазарев и др. // Доклады Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2013. №1. С. 129–134.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ТРУДОВ КАФЕДРЫ

В.В. Зинченко, О.В. Павлова, магистры каф. ЭМИС

Научный руководитель Е.А. Шельмина, доцент, к.ф.-м.н.

г. Томск, ТУСУР, vizin93@mail.ru

В результате деятельности кафедры в вузе появляется большое количество информационных ресурсов: научные публикации, учебные пособия, документы и др. Чаще всего большое количество разрозненной информации хранится в печатном и электронном виде в различных местах. По этой причине возникают проблемы с доступом к информации, а также утерей и путаницей документации. Использование информационных систем способно во многом облегчить работу научных сотрудников, избавив их от множества шаблонных задач, связанных с поиском и обработкой информации, зачастую требующих больших затрат времени. Систематизация и перевод информации в электронную форму повышает качество ее использования.

Целью данной работы является анализ существующих средств и способов разработки информационных систем и создание информационной системы для хранения и обработки научных и методических трудов кафедры экономической математики, информатики и статистики. Рассматриваются основные вопросы организации и проектирования информационных систем: структура и классификация; принципы проектирования и безопасность; базы данных и их программное управление; протоколы и клиентские приложения.

Значимым вопросом при проектировании информационных систем является вопрос о выборе модели данных. Несмотря на то, что в последнее время объектные СУБД занимают всё большую часть рынка, большинство информационных систем проектируются на основе реляционных СУБД [1].

В ходе создания информационной системы будут реализованы следующие возможности:

1. Регистрация пользователей. Разграничение прав и доступа различных лиц.
2. Ввод, просмотр и проверка актуальности информации.
3. Хранение научных и методических работ кафедры и информации о них.
4. Поиск необходимой информации по различным критериям.
5. Система дополнения с временной задержкой.

В настоящее время проведен анализ информационных систем по разным параметрам и изучены средства их разработки. Система разрабатывается в трехзвенной архитектуре. В качестве клиента использован «тонкий клиент» (рис. 1).

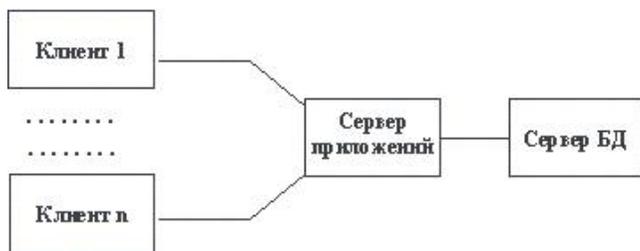


Рис. 1. Трехзвенная архитектура

Также изучены вопросы безопасности и сохранности данных. Перед проектированием были рассмотрены существующие аналоги подобных систем с их преимуществами и недостатками, изучена информация, подлежащая хранению. Проводится разработка реляционной базы данных, которая будет содержать в себе информацию о сотрудниках кафедры и их публикациях, а также веб-приложения с понятным и удобным интерфейсом, которое позволит осуществлять взаимодействие с пользователями и администратором. Положительным достоинством веб-интерфейса является взаимодействие пользователя с системой через браузер, поэтому нет необходимости устанавливать дополнительное программное обеспечение на компьютерах пользователей.

Для создания системы были выбраны язык программирования C# и база данных MySQL. Критериями выбора послужили широкие возможности и гибкая архитектура языка, включающего в себя преимущества языков C++ и Java. Также продукты, написанные на C#, имеют более высокую скорость работы и меньший уровень уязвимости, чем их аналоги, написанные на других языках. MySQL выбрана за надежность, скорость, масштабируемость, богатый функционал, простоту

использования. Стоит добавить, что из-за популярности этой системы существует большое количество расширений, облегчающих работу с ней.

Система призвана обеспечить единое информационное пространство, позволяющее пользователям повысить эффективность работы над документами на любом рабочем месте (в рамках кафедры), сократить время на поиск и обработку информации. Данный продукт не потребует серьезных финансовых затрат, ибо для создания выбраны свободно распространяемые средства разработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пирогов В.Ю.* Информационные системы и базы данных: организация и проектирование: учеб. пособие. СПб.: БХВ-Петербург, 2009. 528 с.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ АНАЛИЗА ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОТИВАЦИИ И АДАПТАЦИИ СТУДЕНТОВ К ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

М.В. Боброва, студентка ОСУ

*Научный руководитель О.В. Марухина, доцент каф. ОСУ, к.т.н.
г. Томск, ТПУ, Bobrova.r@inbox.ru*

Обучение в высшем учебном заведении – это высокий уровень самостоятельности и сознательности студентов. Первым и существенным этапом учебной деятельности студентов является их своевременное адаптирование к условиям обучения в вузе, рассматриваемая как введение их в профессиональное сообщество. От её успешности нередко зависит дальнейшее развитие профессиональной жизни человека.

Автором статьи показан один из подходов решения задачи анализа показателей мотивации (определенных по методике «Мотивационный профиль личности») студентов к образовательной деятельности. Исходные данные представляли собой значения показателей мотивационной сферы для студентов-первокурсников: хорошо успевающие студенты (группа А₁); плохо успевающие студенты (группа А₂). Обучающая выборка включает показатели мотивационной сферы 100 студентов Института кибернетики ТПУ. По результатам анализа мотивационных показателей будет принято решение об успешности адаптации студентов к учебной деятельности.

Содержательная постановка задачи. Определение мотивационного профиля студентов – тест, апробированный и разработанный специально для того, чтобы выявлять факторы мотивации, которые высоко оцениваются студентом, а также те факторы, которым он придает

мало значения как потенциальным источникам удовлетворения выполняемой работой. Он позволяет выявить потребности и стремления студента и тем самым получить некоторое представление о его мотивационных факторах. В основу теста положено сопоставление значимости ряда мотивационных факторов, представляющих важность с точки зрения руководства вуза.

Шкалы мотивационного профиля: П – поддержание жизнеобеспечения; К – комфорт; С – социальный статус; О – общение; Д – общая активность; ДР – творческая активность; ОД – общественная полезность [1].

На основе результатов компьютерного тестирования автоматически образуется матрица ответов. Также в программе предусмотрена возможность формирования матрицы ответов по результатам бланкового тестирования. Суммарные диагностические оценки относятся к семи собственно мотивационным шкалам, составляющим мотивационный профиль личности, и двум шкалам эмоционального поведения, составляющим эмоциональный профиль (ЭП). Включение эмоционального профиля в общий мотивационный профиль личности диктуется в научном плане внутренней общностью мотивации и эмоций, а в практическом – значительной диагностической информацией [2].

Определение информативности набора признаков. Информативность признака зависит исключительно от того, насколько он помогает дифференцировать интересующее нас состояние – если признак одинаково часто появляется в сравниваемых состояниях, то он наверняка мало поможет диагностике и прогнозированию. Признак будет тем более информативным, чем больше расстояние между реализациями случайных величин. В качестве таких расстояний наибольшее распространение получила информационная мера Кульбака [3].

Для измерения количества информации Н. Винер и К. Шеннон независимо друг от друга в 1948 г. предложили логарифмические меры, получившие признание в качестве количественных мер информации. К классу подобных мер относится введенная Jeffreys в 1964 г. и подробно изученная в качестве информационной меры Кульбаком мера $J(1, 2)$ расхождения между статистическими распределениями 1 и 2. Для дискретных распределений эта формула выглядит так [3]:

$$J(x_i / A_1, x_i / A_2) = \sum_j \lg \frac{P(x_{ij} / A_1)}{P(x_{ij} / A_2)} \left[P(x_{ij} / A_1) - P(x_{ij} / A_2) \right],$$

где A_1, A_2 – классы состояний; i – номер признака; j – номер диапазона i -го признака; $P(x_{ij} / A_k)$ – вероятность попадания объекта, принадлежащего к классу A_k , в диапазон j признака i .

Этот критерий позволяет делать выводы о различиях эмпирических образов без специальных ограничений на распределения случайных величин, образующих эмпирический образ.

Заключение. В результате исследований были выявлены наиболее информативные признаки. Следовательно, полученное решающее правило можно использовать для прогнозирования успеваемости студентов по мотивационным показателям, снятым в результате тестирования.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 14-06-00026.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Францева Т.Н.* Вестник Самарской гуманитарной академии. Сер.: Психология // Опросник для диагностики мотивов профессиональной деятельности специалистов. 2010. Вып. 2.

2. *Марухина О.В., Берестнева О.Г., Боброва М.В.* Информационные технологии в анализе мотивационной сферы студентов // Труды XX Байкальской Всерос. конф. Изд-во Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, 2015. Т. 2. 219 с.

3. *Гублер Е.В.* Вычислительные методы распознавания патологических процессов / Е.В. Гублер. Л.: Медицина, 1970. 319 с.

4. *Бакиаева Н.А., Вербицкий А.А.* Психология мотивации студентов. учеб. пособие. М.: Логос, 2006. 184 с.

5. *Марухина О.В., Берестнева Е.В., Мокина Е.Е.* Разработка информационной технологии оценки адаптации иностранных студентов к научно-исследовательской среде вуза // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS&IT'14». М.: Физматлит, 2014. Т. 2. С. 188–193.

ПОДСЕКЦИЯ 3.3

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ В ТЕХНИКЕ И ОБРАЗОВАНИИ

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

РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛА САЙТА КАФЕДРЫ

А.Н. Ахметов, студент каф. КСУП

*Научный руководитель Н.Ю. Хабибуллина, доцент каф. КСУП, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, arsenaxmetov94@gmail.com*

В современном мире информационные технологии, системы телекоммуникации и Интернет играют важную роль, в том числе и в работе различных учреждений и предприятий. Не являются исключениями и вузы. Для удобного взаимодействия между преподавателями и студентами многие кафедры разрабатывают собственные сайты. На них чаще всего размещается необходимая для организации учебного процесса информация: описание направлений подготовки кафедры, преподавательский состав, библиотека учебно-методических разработок, новости, объявления и т.д. Рассматриваемый в данной работе сайт содержит всю представленную информацию (рис. 1).

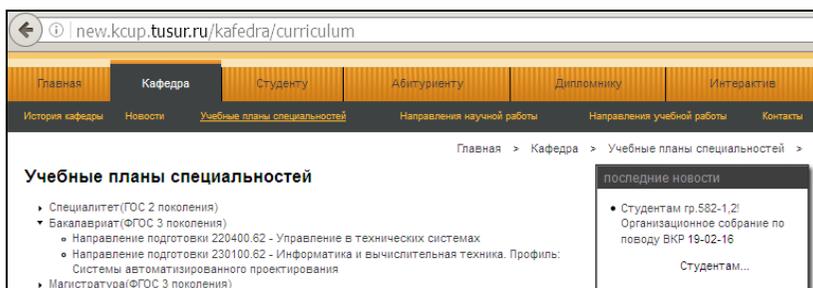


Рис. 1. Фрагмент сайта кафедры [1]

В связи с переходом на новые Федеральные государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования возникла необходимость модификации представленной на сайте ин-

формации: необходимо обновить описание направлений подготовки, учебных планов подготовки бакалавров и магистров, организовать связь между дисциплиной плана и ее учебно-методическим наполнением, реализовать возможность автоматической загрузки xml-файлов на сайт кафедры.

Рассматриваемый сайт разработан с помощью технологии CMS Joomla. Joomla – система управления содержимым (CMS), написанная на языках PHP и JavaScript, использующая в качестве хранилища базы данных СУБД MySQL или другие индустриально-стандартные реляционные СУБД. Является свободным программным обеспечением, распространяемым под лицензией GNU GPL [2].

Ниже приведен список преимуществ технологии Joomla перед другими ныне существующими:

- 1) возможность создавать страницы и новые разделы сайта без помощи специалистов;
- 2) самостоятельное наполнение сайта контентом без знаний верстки и программирования;
- 3) уменьшение виртуального пространства на хостинге за счет использования базы данных;
- 4) простое и удобное управление структурой сайта, разделами, каталогами, галереями и т.д.;
- 5) статистика посещаемости страниц сайта;
- 6) ввод META-тегов, ключевых слов для каждой страницы сайта через удобный и понятный интерфейс;
- 7) создание карты сайта для поисковых систем и удобства пользователей и многое другое [3].

Используемая система CMS Joomla имеет достаточно много достоинств, однако в ней в настоящее время не существует удобного модуля, позволяющего качественно представлять и автоматизированно редактировать информацию об учебных планах кафедры. Данная задача и решается в процессе выполнения работы.

Заключение. В результате данного проекта расширен функционал сайта кафедры. Добавлена возможность автоматизированного добавления таблиц в новостные статьи посредством чтения из XML-файла. Страница учебных планов направлений подготовки модернизирована в соответствии с изменениями образовательных стандартов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сайт кафедры КСУП ТУСУР, учебные планы специальностей [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://new.kcup.tusur.ru/kafedra/curriculum> свободный (дата обращения: 24.03.2016).
2. Joomla! [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Joomla!> свободный (дата обращения: 24.03.2016).

3. В чем преимущества Joomla? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.templatemonster.com/ru/faq/v-chem-preimushhestva-joomla/> свободный (дата обращения: 24.03.2016).

ПРОГРАММНЫЙ ИНТЕРФЕЙС ОТОБРАЖЕНИЯ СХЕМ В ОБЛАЧНОЙ СРЕДЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ «МАРС»

С.С. Алексеенко, аспирант каф. МиСА

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

г. Томск, ТУСУР

Основная задача облачной среды моделирования «МАРС» – реализация процесса создания модели исключительно в web-браузере. В отличие от Desktop-приложений (приложения, устанавливаемые в операционную систему), где существует множество различных SDK и библиотек разработки для реализации графических инструментов и систем, в web-браузере таких готовых инструментов нет. На данный момент существует два базовых решения для работы с графикой:

1. Canvas (холст). Это HTML тэг `<canvas>`, используемый для рисования графических элементов на веб-странице. Реализация процесса рендеринга (отображения) происходит на языке Javascript.

2. SVG (Scalable Vector Graphics). Это HTML тэг `<svg>`, который является контейнером для векторной графики. SVG имеет несколько методов для рисования линий, прямоугольников, окружностей, работы с текстом и графическими изображениями.

Разница между этими технологиями заключается в том, что SVG – это язык для описания 2D-графики в формате XML. Canvas отображает графику 2D «на лету», используя Javascript. Поскольку SVG базируется на XML, то каждый элемент доступен к обработке с помощью SVG DOM. И вполне возможно закреплять за такими графическими элементами стандартные обработчики событий (щелчок мышью по элементу или перетаскивание элемента из одной области в другую). В SVG каждый отдельный элемент является объектом с набором атрибутов. Изменив атрибут ширины элемента, он автоматически будет изменен на странице. Canvas не обладает такими возможностями, поскольку отображает графику пиксель за пикселем. Web-браузер не следит за состоянием изображений в canvas, соответственно, невозможно обрабатывать события. Если какой-то элемент был изменен, необходимо заново перерисовывать все изображение целиком.

Проведя сравнительный анализ, было решено использовать в качестве инструмента моделирования SVG. Основной целью системы является моделирование различных схем (электротехнических, логи-

ческих блок-схем и т.п.), поэтому в основе будут лежать обычные графические примитивы – прямоугольники, окружности, линии.

Для примера возьмем элемент R (сопротивление) из RLC-схемы (рис. 1). Графически его можно представить как прямоугольник с символом R внутри. Это самый простой элемент, для реализации которого больше ничего не нужно.

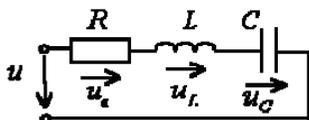


Рис. 1. Базовая RLC-схема

Однако отображение других элементов, таких как индуктивность (L) или конденсатор (C), будет немного отличаться. В основе таких элементов будет лежать графическая пиктограмма (иконка), которая является отличительной чертой элемента. Обрамлять эту пиктограмму также будет прямоугольник (рис. 2).



Рис. 2. Представление элементов на SVG-схеме

Реализация отображения элементов, обработка событий реализуются на языке JavaScript. Все элементы должны располагаться внутри специального блока-контейнера. Контейнером может являться любой HTML DOM элемент блочного типа, например `<div>`.

Базовая концепция такова: все объекты на схеме должны соединяться между собой. Следовательно, необходимо реализовать класс Connection (соединение), который будет соединять объекты. Объекты разделяются на два типа – элементы схемы и узлы схемы. Задача узла – установить соединение между несколькими элементами. Класс Connection является абстракцией и разделяется на четыре класса:

- Anchor (якорь) – объект без визуального отображения, содержит только бизнес-логику. Задает координаты местоположения элемента, которые создаются программным образом. Содержит имя, по которому к нему можно обращаться.

- Endpoint (конечная точка) – объект, означающий один конец соединения между двумя объектами. Имеет визуальное отображение. Задается самостоятельно через пользовательский интерфейс или с помощью программного кода.

- Connector (соединитель) – объект, означающий линию, соединяющую объекты. Имеет визуальное отображение (прямая или кривая). С соединителями нельзя взаимодействовать, можно только дать начальное описание, по которому будет нарисована линия связи.

- Overlay (перекрытие) – компонент пользовательского интерфейса, используемый для украшения связи соединителя. Можно использовать точки, стрелки или текстовые метки.

Каждое соединение (Connection) задает две конечные точки (Endpoint), которые вместе с перекрытиями (Overlay) соединяют между собой два элемента.

Таким образом, для реализации полноценного инструмента моделирования схем в web-браузере, необходимо разработать программный интерфейс, иными словами, язык взаимодействия объектов. Этот язык должен опираться на базовые концепции, описанные выше. Только в этом случае будет возможность оперировать схемой и ее элементами целиком на объектном уровне, передавая данные с пользовательского интерфейса (UI) на сервер для вычислений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *David Flanagan*. JavaScript: The Definitive Guide: Activate Your Web Pages. O'Reilly, 2011.
2. *Stoyan Stefanov*. JavaScript Patterns. O'Reilly, 2014. 236 с.

ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА ДВУМЕРНОГО ПАРАМЕТРА БЛИЖНЕГО ПОРЯДКА И СОПРОТИВЛЕНИЯ В ГРАФЕНЕ

А.А. Белослудцева, студентка каф. МуСА

*Научный руководитель Н.Г. Бобенко, преподаватель каф. МуСА, к.ф.-м.н.
г. Томск, ТУСУР, ann.bell0301@gmail.com*

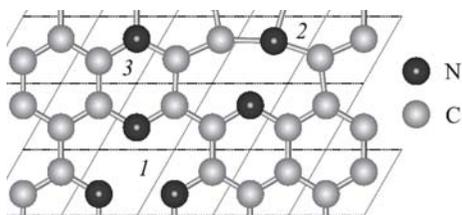
Результаты экспериментальных исследований свойств графена, проведенные в последнее десятилетие, привели к выделению исследований графена и других двумерных материалов на его основе в отдельную область нанотехнологий. Графен и его производные в настоящее время рассматриваются в качестве наиболее перспективных компонентов электронных устройств нового типа и химических сенсоров.

Графеновый лист с идеальной структурой состоит из правильных шестиугольников. Из-за несовершенства экспериментальных методов в настоящее время возможно получить графен с некоторым количеством дефектов. Для различных методов получения [1] и последующей очистки образцов количество дефектов (топологические дефекты, примеси, легирование и т.д.) варьируется от 2 до 6 атомных процентов. Легировать графен могут газы с образованием различных типов примесных конфигураций (замещающая, пиридиновая, пиррольная и др.), каждая из которых может приводить к различным изменениям электронных свойств графена (рис. 1). Теоретически показано, что пири-

диновая и пиррольная конфигурации не приводят к существенному легированию. Замещающий азот имеет наиболее выраженный легирующий эффект среди различных типов примесей. Кроме того, в случае замещения атомов не нарушается кристаллическая структура и не образуются вакансии, эффективно рассеивающие электроны, благодаря чему сохраняется высокая подвижность носителей заряда, столь необходимая в электронных устройствах [2].

Крайне важным является вопрос о влиянии различных дефектностей структуры, их типов и местоположения в структуре на электросопротивление графена. Изучение сопротивления графена важно для определения целесообразности практического применения данного материала в будущем.

Рис. 1. Азот в различных типах примесных конфигураций:
1 – пиридиновый азот, 2 – пиррольный азот, 3 – замещающий азот (графитоподобный)



В настоящей работе проведено теоретическое исследование электросопротивления металлизированного эпитаксиального графена с примесями и структурными областями типа ближнего порядка и анализ возможности влияния на угол наклона кривой сопротивления при изменении температуры путем изменения только местоположения дефектов в структуре графена. Принципиальным в нашем подходе является то, что мы предполагаем наличие в графеновом слое ближнеупорядоченных структур, возникающих в процессе синтеза графена, а также последующей сорбции газов на его поверхности. В результате проведенных расчетов получено следующее выражение для электросопротивления графена:

$$\rho(T) = \frac{m}{e^2 n \tau} = \frac{m}{e^2 n} \left(\frac{1}{\tau_{\text{пр}}} + 2\pi U_0^2 v_0 \frac{c(1-c)}{N} \sum_1 \alpha_i B T \right). \quad (1)$$

Здесь m – масса электрона, e – заряд электрона, n – концентрация носителей зарядов, v_0 – затравочная плотность состояний, $\tau_{\text{пр}}$ – примесное электронное время релаксации, U_0 – потенциал межэлектронного взаимодействия, c – концентрация примесей, $B = 0, 1$, T – температура, α_i – параметр ближнего порядка.

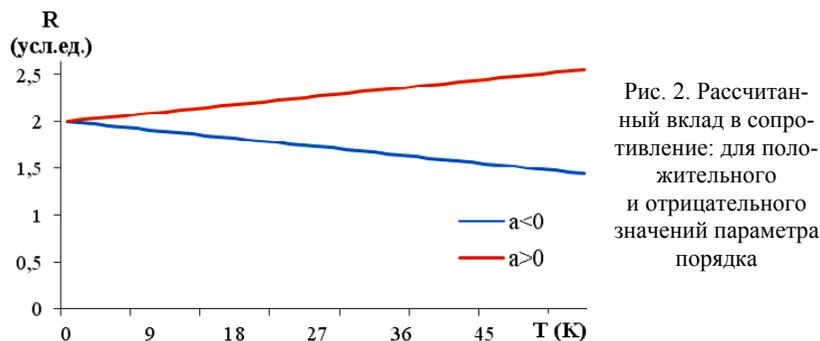
Для получения значения α была создана программа, позволяющая рассчитывать параметр ближнего порядка при заданном типе дефекта структуры графена.

При моделировании было использовано следующее выражение для расчета параметра ближнего порядка в i -й координационной сфере [3]:

$$\alpha_i = 1 - \frac{N_i^{AB}}{N c_A c_B c_i}, \quad (2)$$

где N_i^{AB} – число пар атомов A и B , находящихся на расстоянии r_i один от другого, $N c_A c_B c_i$ – число пар атомов A и B , которые находились бы на этом расстоянии при полностью хаотическом их расположении по узлам решетки (N – общее число атомов, c_i – число узлов на i -й координационной сфере, c_A и c_B – концентрация атомов сорта A и B). При моделировании атомы углерода считались сортом A , а различные примесные атомы сорта B .

Проведенные расчеты показали, что параметры ближнего порядка для каждого из типов примесных конфигураций имеют разные значения и могут быть положительными или отрицательными. Данные результаты были применены для описания электронных свойств изолированного листа графена с дефектами в области низких температур. В зависимости от значения параметра ближнего порядка менялся электронный вклад в электропроводность графена (рис. 2).



Таким образом, именно наличие определенных дефектов в структуре графена может быть ответственным за изменения его типа проводимости от полупроводника (уменьшение сопротивления с ростом температуры) до металла (увеличение сопротивления с ростом температуры).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Графен*: новые методы получения и последние достижения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://elementy.ru/news/430857> (дата обращения: 08.03.2016).

2. Усачев Д.Ю., Фёдоров А.В., Вилков О.Ю. и др. Синтез и электронная структура графена, легированного атомами азота // Физика твердого тела. 2013. Т. 55, вып. 6. С. 1231–1237.

3. Иверонова В.И., Кацнельсон А.А. Ближний порядок в твердых растворах. М.: Наука, 1977. 256 с.

ДИСТАНЦИОННАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПО КУРСУ «ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА»

В.М. Дмитриев, зав. каф. МиСА, д.т.н.,

Т.В. Ганджа, доцент, к.т.н., С.А. Панов, ст. преподаватель,

С.В. Салтыков, студент

г. Томск, ТУСУР, каф. МиСА

При переводе автоматизированных лабораторных практикумов на дистанционную основу традиционные приборы заменяются их виртуальными аналогами, создаваемыми в СВИП [1]. При этом прибор реализуется на двух слоях его компьютерной модели: алгоритм работы прибора – на логическом слое, а лицевая панель прибора – на визуальном слое. Тогда, например, виртуальный осциллограф, как и реальный, должен иметь регулировки развертки, коэффициентов усиления, а также синхронизации. Кроме того, при выполнении дистанционной лабораторной работы студент будет действовать на клиентском приложении в той же последовательности, что и в системе очного обучения. Сохранение аналогии дистанционного лабораторного практикума с реальным исследовательским практикумом необходимо для обеспечения его полноценности в методическом плане.

Архитектура виртуальной лаборатории. В случае исследования виртуального аналога технического объекта мы будем иметь дело с виртуальной лабораторной работой. Совокупность виртуальных лабораторных работ образует виртуальную лабораторию по определенному курсу.

На рис. 1 представлен входной интерфейс создаваемой программной среды Distance Virtual Laboratory (DVL), поддерживающей выполнение дистанционных лабораторных работ. Взаимодействие студента с системой DVL начинается с его регистрации.

Лабораторная работа по техническим дисциплинам содержит следующие этапы:

Этап 1. На данном этапе студент *выбирает работу*, где получает или формирует схему данного объекта с параметрами в редакторе.

Этап 2. На этом этапе пользователь *изучает краткую теорию по теме и проходит тестовый контроль.*

Этап 3. Непосредственное проведение *модельного эксперимента* заключается в проведении вычислительного эксперимента над объектом с получением прямых измерений величин.

Этап 4. *Обработка результатов эксперимента* позволяет по найденным значениям прямых измерений производить косвенные измерения и разнообразные расчеты, представляющие собой соответствующие блоки обработки результатов эксперимента.

На данном этапе экспериментатор, он же студент, должен принять решение о том, достигнуты ли цели эксперимента, которые были поставлены в самом начале.

Этап 5. В случае их выполнения *формируется отчет о проделанной работе*. В противном случае исследователь возвращается к пункту параметризации компонентов или к этапу (1).

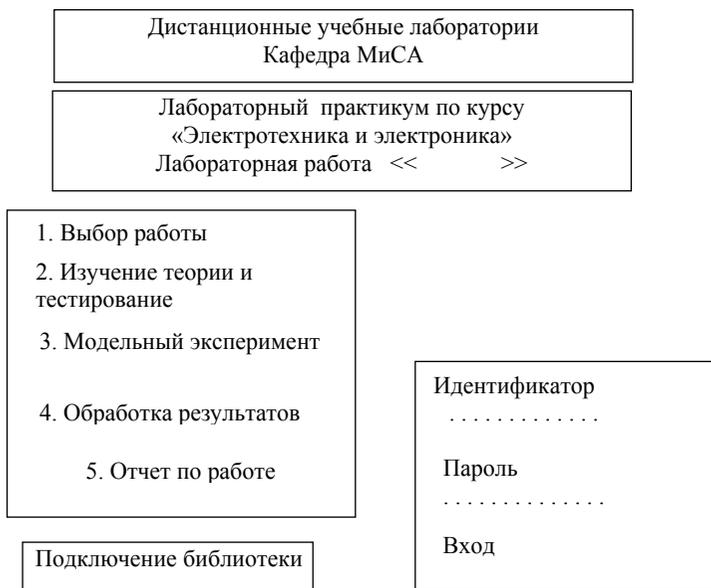


Рис. 1. Входной интерфейс программной среды DVL

Для проведения виртуальных лабораторных работ используется СММ МАРС. При этом структура и параметры исследуемого объекта создаются в системе моделирования МАРС, расположенной на сервере. Остальные этапы (2–5) приведенной схемы (см. рис. 1) выполняются студентом на клиентском приложении. На этапах модельного эксперимента и параметризации компонентов исследуемого устройства (3) и обработка результатов эксперимента (4) он использует систему

автоматизации математических вычислений макрокалькулятор [2], непосредственное проведение эксперимента (3) производится в системе моделирования MАРС [3] с использованием виртуального аналога СТУС на сервере.

Схема дистанционного взаимодействия. По схеме эксперимента в СМ MАРС (рис. 2), находящейся на сервере, определить Δt с помощью двухканального осциллографа (рис. 3), реализованного в системе MARS-ENGINE, находящейся на клиентском приложении, и рассчитать по формуле фазовые сдвиги напряжений на емкости, индуктивности и нагрузочном сопротивлении по отношению к входному напряжению при частотах $f = 0,5f, f, 2f, 3f, 4f$ и результаты занести в таблицу.

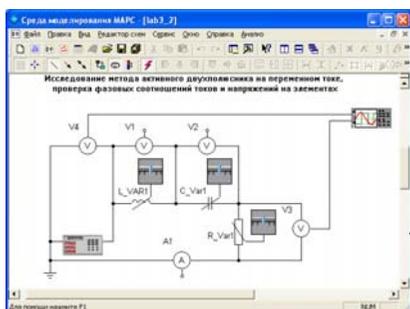


Рис. 2. Компьютерная модель исследуемого объекта на сервере

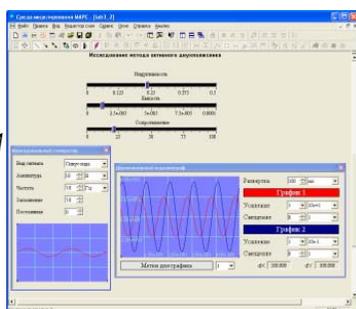


Рис. 3. Результаты эксперимента в клиентской среде MARS-ENGINE

Взаимодействие между клиентской и серверной частями осуществляется посредством протокола TCP/IP путем обмена пакетами с результатами анализа компьютерной модели и значениями параметров компонентов, установленных пользователем в среде MARS-ENGINE.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Дмитриев В.М.* СВИП – система виртуальных инструментов и приборов / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, В.В. Ганджа, Ю.И. Мальцев. Томск: В-Спектр, 2014. 216 с.
2. *Дмитриев В.М.* Математика на макрокалькуляторе: учеб. пособие / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, Е.В. Истигичева; Том. гос. ун-т. систем упр. и радиоэлектроники. Высший колледж информатики, электроники и менеджмента. Томск, 2007. 110 с.
3. *Дмитриев В.М.* MАРС – среда моделирования технических устройств и систем / В.М. Дмитриев, А.В. Шутенков, Т.Н. Зайченко, Т.В. Ганджа. Томск: В-Спектр, 2011. 278 с.

ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОГО ГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

А.В. Фетелеу, студент каф. МисА

Научный руководитель С.А. Панов, ст. преподаватель каф. МисА

г. Томск, ТУСУР, anatolyfeteleu@gmail.com

В силу особенности работы с информацией, представление которой осуществляется с помощью современных информационных технологий и связанных с этим значительных психологических нагрузок, особое значение приобретает качество интерфейса пользователя, в том числе графический дизайн и практичность использования. Существуют наиболее общие требования к графическому дизайну веб-приложения, предъявляемые на стадии его разработки [1]. К таким требованиям относят:

1. Уникальный дизайн оформления графического интерфейса. Другими словами, создание такого стиля оформления, который заставит пользователя «задержаться» на веб-сайте.

2. Уникальность и запоминаемость. Добавление в графический интерфейс «изюминки», т.е. того, что отложится в памяти у пользователя, благодаря чему он «узнает» этот веб-сайт.

3. Практичность, простоту использования и удобство.

Обеспечение высокого качества пользовательского интерфейса не ограничивается только этапом создания веб-ресурса и требует сопровождения соответствующих элементов в течение всего жизненного цикла системы [2].

Научно-исследовательское предприятие «Ревиком», главной сферой деятельности которого являются научные исследования и разработки в области технических наук, осуществляет продажу своих продуктов и разработок через интернет-магазин «www.revikom.ru».

Для привлечения потенциальных клиентов и увеличения потока новых посетителей требуется выполнить анализ интернет-магазина данного предприятия, а также определить направления его модернизации, чтобы он соответствовал всем современным требованиям. Модернизация должна осуществляться путём внедрения инновационных функций и более удобного графического дизайна.

После анализа существующего графического интерфейса интернет-магазина были выявлены следующие недостатки:

1. Блок входа в учетную запись и блок «корзина» занимают много места на странице.

2. Нарушено выравнивание элементов (текст и ссылки) на странице.

3. Некорректное отображение изображений.
4. Неудобное расположение строки поиска по веб-ресурсу.
5. Недружелюбный интерфейс.

В связи с этим было принято решение разработать новый графический дизайн интернет-магазина, лишенный этих недостатков.

Идеи и основные принципы проектирования графического интерфейса. Поскольку веб-сайт является «лицом» компании, дизайн разрабатывается с учетом фирменного стиля научно-производственного предприятия. Веб-ресурс компании будет доступен миллионам пользователей в сети Интернет, и количество посетителей будет в сотни раз превышать тех, кто посещает офис или магазин. Поэтому веб-ресурс должен в полной мере отображать осуществляемую предприятием деятельность, демонстрировать только лучшие её стороны.

Основные задачи, которые планируется решить в рамках данного исследования:

1. Создание фиксированного верхнего колонтитула веб-сайта, в котором будут располагаться ссылки на его главные разделы.
2. Внедрение модальных окон.
3. Новый логотип научно-производственного предприятия «Ревиком».
4. Создание выпадающих меню, располагающихся в верхнем колонтитуле веб-сайта.
5. Создание раскрывающихся списков, располагающихся в разделе «Обратная связь».
6. Создание блока анимированной демонстрации продуктов научно-производственного предприятия, который будет располагаться на главной странице веб-сайта.
7. Создание нижнего колонтитула, где будет присутствовать информация о веб-сайте.
8. Компактная строка поиска.
9. Внедрение всплывающих окон, срабатывающих при выполнении определенного действия.
10. Обновление стиля оформления веб-страниц.

Данные вышеперечисленные концепции позволят сделать графический интерфейс веб-сайта более интуитивно понятным для пользователей, уникальная цветовая схема оформления позволит привлечь как можно большее количество потенциальных клиентов, а также способствует созданию имиджа компании на рынке товаров или услуг.

В настоящее время для создания графического интерфейса существует множество технологий описания внешнего вида и функциональных составляющих веб-сайта. Однако для создания уникальной оболочки, а также для создания такого интерфейса, который был бы

практичным в использовании и интуитивно понятным по отношению к пользователю, требуется анализ существующих технологий.

Для создания графического интерфейса веб-сайта «Ревиком» были выбраны следующие технологии: «jQuery», «AJAX», «HTML5». Для упрощения написания исходного кода был выбран кроссплатформенный текстовый редактор «Sublime Text 3». В качестве среды разработки веб-приложений был выбран фреймворк «Rails», написанный на языке программирования «Ruby». «Rails» – это полноценный, многоуровневый фреймворк для построения веб-приложений, использующих базы данных, основанный на архитектуре «Модель-Представление-Контроллер» («Model-View-Controller», «MVC») [3].

Заключение. Разработанный графический интерфейс исправляет все недостатки, которые были выявлены на начальном этапе проведенного исследования. В итоге был получен динамический прототип модернизированного веб-сайта, который можно использовать для тестирования эргономичности и начала практической реализации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *VisualPharm* [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.visualpharm.ru/design_faq/stages_website_interface_development.html, свободный.
2. *Сообщество разработчиков «Mozilla»* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://developer.mozilla.org>, свободный.
3. *Ruby on Rails*. Википедия [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Ruby_on_Rails/, свободный.

МЕТОДИКА СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В СРЕДЕ МНОГОУРОВНЕВОГО КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Т.Е. Григорьева, аспирант, Т.В. Ганджа, доцент, к.т.н.

Научный руководитель В.М. Дмитриев, зав. каф. МуСА, д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, каф. МуСА, gandgatv@gmail.com

Статистический анализ технических объектов направлен на определение закона распределения выходных характеристик Y при заданных законах распределения параметров P при постоянных входных воздействиях X . Наиболее подходящим инструментом для решения этой задачи являются средства компьютерного моделирования, в которых помимо модели технического объекта формируется алгоритм проведения вычислительного эксперимента. Он должен быть представлен совокупностью соединенных друг с другом компонентов, по связям

между которыми производится обмен данными числовых и нечисловых типов данных.

Одним из инструментов автоматизации вычислительного эксперимента, в основе которого лежит одно- и многовариантный анализ исследуемой модели технического объекта, является среда многоуровневого компьютерного моделирования [1]. Формируемая в ней компьютерная модель состоит из следующих взаимосвязанных уровней:

- *объектного*, на котором формируется исследуемая модель технического объекта в формате метода компонентных цепей. Для ее анализа применяется универсальное вычислительное ядро [2], формирующее и решающее систему алгебро-дифференциальных уравнений, состоящую из топологических и компонентных уравнений;

- *логического*, где располагается представленный из компонентов алгоритм вычислительного эксперимента, основанный на анализе компьютерной модели объектного уровня и численной обработке его результатов;

- *визуального*, включающего средства визуализации результатов выполняемого эксперимента, инструменты формирования задания и интерактивного управления значениями параметров исследуемой модели технического объекта.

Для выполнения статистического анализа на основе метода Монте-Карло разработан компонент «Статистический анализ», представленный на рис. 1.

С помощью связи S_1 в компонент «Статистический анализ» поступает измеряемая выходная величина объекта, на поиск распределения которой направлен данный эксперимент. Связь S_2 предназначена для передачи полученного распределения средствам визуализации. По связи S_3 передаются сигналы о начале очередного одновариантного анализа, направленного на определение значения выходной величины объекта по установленным значениям его варьируемых параметров. Связи S_4, S_5, \dots, S_{3+n} предназначены для установки текущих значений варьируемых параметров объекта P_1, P_2, \dots, P_n .

Если эксперимент проводится в динамическом режиме (во временной или частотной области), то его первичными результатами являются временные или частотные характеристики, для численной оценки которых используются интегральные показатели, называемые параметрами-функционалами. К их классу относятся установившееся, среднее, действующее значения, частота, период колебаний, количество колебаний для затухающего периодического характера процесса.

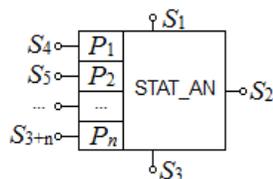


Рис. 1. Компонент «Статистический анализ»

Поэтому для динамических режимов к измерительному компоненту, осуществляющему передачу результатов моделирования с объектного уровня на логический, подключается некоторый блок обработки результатов, осуществляющий вычисление значения выбранного параметра функционала.

Для задания распределения параметров объекта P_1, P_2, \dots, P_n при двойном нажатии на изображение компонента «Статистический анализ» открывается окно «Распределения параметров», где пользователь вводит минимальное и максимальное значение каждого из параметров и вид распределения, по которому он изменяется.

На рис. 2 приведена сформированная в формате алгоритмических компонентных цепей схема эксперимента статистического анализа, проводимого компонентом STAT_AN1 и направленного на определение распределения выходной величины по заданным распределениям трех параметров модели объекта: сопротивления R_1 , индуктивности L_1 и емкости C_1 .

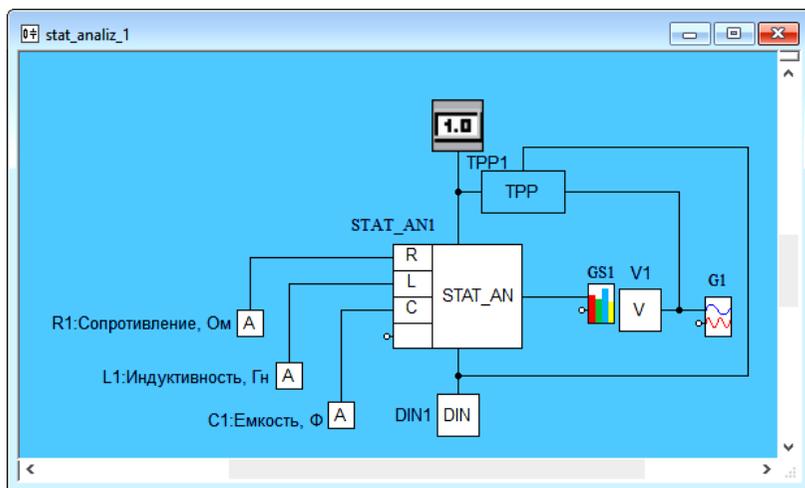


Рис. 2. Алгоритмическая компонентная цепь для выполнения статистического анализа в среде многоуровневого компьютерного моделирования

Для варьирования параметров модели последовательной RLC-цепи, сформированной на объектном уровне многоуровневой модели, используются атрибутные компоненты. После того, как очередные значения установлены, сигнал передается на компонент DIN1, осуществляющий одновариантный динамический анализ модели технического объекта. С помощью компонента TPP1 осуществляется поиск

времени переходного процесса напряжения, снимаемого вольтметром V1 и визуализируемого с помощью графика G1. После того как выполнены все одновариантные анализы, соответствующие заданным значениям параметров, компонентом GS1 осуществляется построение гистограммы распределения выходной переменной или ее параметра функционала.

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.* Архитектура универсального вычислительного ядра для реализации виртуальных лабораторий / В.М. Дмитриев, А.В. Шутенков, Т.В. Ганджа // Приборы и системы. Управление. Контроль. Диагностика. 2004. № 2. С. 24–28.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОЧЕРЕДИ В БАНКЕ

Т.Е. Григорьева, аспирант каф. МиСА

Научный руководитель Е.В. Истигечева, доцент каф. МиСА, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, tanya_grig_1991@mail.ru

С работой систем массового обслуживания (СМО) приходится сталкиваться повседневно. Системы массового обслуживания – это системы, в которых в случайные моменты времени поступают заявки на обслуживание и обрабатываются с помощью имеющихся в распоряжении каналов. Примерами СМО могут быть телефонные станции, ремонтные службы, билетные кассы, справочные бюро, очереди в магазины, аптеки, парикмахерские, банки и т.д. [1].

Рассмотрим моделирование систем массового обслуживания на примере очереди в банке. Целью моделирования является выявление количества требуемых операторов для уменьшения очереди и повышения количества обслуживаемых клиентов.

Для моделирования СМО будем использовать среду моделирования MAPS. CM MAPS представляет собой программный продукт для моделирования и анализа физически неоднородных технических систем. В CM MAPS разработана методика многоуровневого представления информации, позволяющая формировать готовый отчет результатов моделирования на 3 слоях: объектном, логическом и визуальном [2].

Решим такую задачу: в банк приходят клиенты через каждые 2 мин. Оператор обслуживает каждого клиента в среднем за 5 мин,

затем клиент уходит. Для подсчета количества клиентов в очереди выберем промежуток, равный $T = 60$ мин. Анализ полученной модели будем проводить с шагом 1 мин. Моделируем ситуацию, когда обслуживание ведет только один оператор.

На **объектном слое** модель построена из таких компонентов, как «Генератор фишек», «Очередь», «Оператор» и «Хранилище фишек» (рис. 1).



Рис. 1. Модель «Очереди» на объектном слое

Под компонентом «Генератор фишек» подразумевают клиентов, которые приходят в банк.

В компоненте «Очередь» происходит подсчет клиентов, которые находятся в очереди.

Компонент «Оператор» – это обслуживание клиентов у оператора.

Компонент «Хранилище фишек» – это счетчик клиентов, которые уходят.

Таким образом, в результате моделирования видно, что 18 клиентов остались в очереди, а в компоненте «Хранилище фишек» показано, что 12 клиентов было обслужено [3].

На **логическом слое** модель позволяет на основе данных объектного слоя представить данные на визуальном слое. Основными компонентами логического слоя являются «Генератор транзактов», «Заполнитель параметров» и «Приемник теста».

В компоненте «Генератор транзактов» прописывается следующий текст (рис. 2):

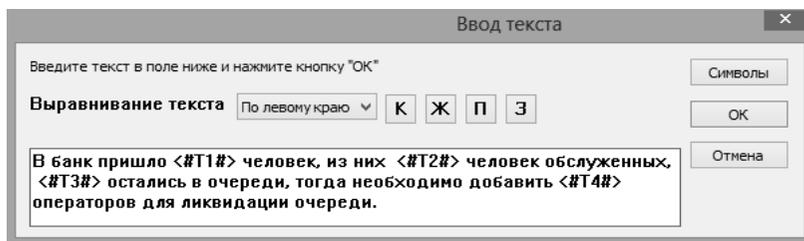


Рис. 2. Ввод текста в компоненте «Генератор транзактов»

Далее информация подается в компоненты «Заполнитель параметров», которая прописывается в свойствах соответствующих компо-

нентов: «Заполнитель параметров 1» – это количество возможных клиентов, «Заполнитель параметров 2» – количество клиентов, оставшихся в очереди, «Заполнитель параметров 3» – это количество обслуженных клиентов, «Заполнитель параметров 4» – оптимальное количество операторов, необходимых для обслуживания. Компоненты 2 – «Хранилище фишек», 3 – «Очередь», передают данные с объектного слоя. Таким образом, модель имеет вид, как на рис. 3.

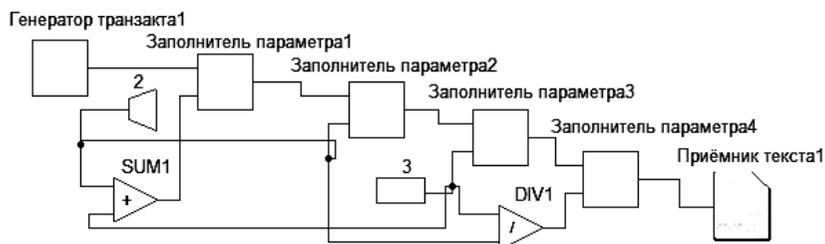


Рис. 3. Модель «Очереди» на логическом слое

На визуальном слое представлены результаты моделирования (рис. 4).

Приёмник текста1

В банк пришло 30 человек, из них 12 человек обслуженных, 18 остались в очереди, тогда необходимо добавить 2 операторов для ликвидации очереди.

Рис. 4. Модель «Очереди» на визуальном слое

В результате моделирования можно сделать вывод, что возможных клиентов – 30 чел., в очереди осталось клиентов – 18 чел., обслуженных клиентов – 12 чел. Количество дополнительных операторов посчитаем по формуле

$$\text{Кол-во операторов} = \frac{\text{Кол-во клиентов в очереди}}{\text{Кол-во обслуженных клиентов}} = \frac{18}{12} = 1,5 \approx 2.$$

Таким образом, необходимо добавить 2 оператора для уменьшения очереди и увеличения обслуженных клиентов.

Заключение. Имитационное моделирование дает возможность исследовать большие системы и сложные ситуации во всей их полноте и объединять в процессе моделирования формальные и неформальные методы исследования.

С помощью разработанной модели очереди можно определить оптимальное количество операторов, варьируя параметрами потока клиентов, временем обслуживания клиентов у операторов, временем рабо-

ты модели, например, в банке, магазине и т.д. для уменьшения очереди и повышения количества обслуживаемых клиентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Grigorieva T.E., Istigecheva E.V., Korniyushina A.I. Petri net modeling of mass service systems in the Mars simulation environment // Innovations in information and communication science and technology. Third postgraduate consortium international workshop ICST 2013–Tomsk. Russia, September 2–5, 2013 proceedings. P. 175–180.

2. Дмитриев В.М., Шутенков А.В., Зайченко Т.Н., Ганджа Т.В. MAPC – среда моделирования технических устройств и систем. Томск: В-Спектр, 2011. 278 с.

3. Григорьева Т.Е., Ганджа Т.В., Корнюшина А.И. Методика моделирования систем массового обслуживания в среде моделирования MAPC // Современное образование: новые методы и технологии в организации образовательного процесса: материалы междунар. науч.-метод. конф., 31 января – 1 февраля 2013 г., Россия, Томск: Том. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2013. С. 177–179.

СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

М.И. Кочергин, аспирант каф. МиСА

Научный руководитель В.М. Дмитриев, проф., д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, max24kochergin@gmail.com

Моделирование задач по физике. Моделирование (в широком смысле) является основным методом исследований во всех областях знаний и научно обоснованным методом оценок характеристик сложных систем, используемым для принятия решений в различных сферах инженерной деятельности [1]. Приобретение навыков моделирования, в особенности учащимися технических специальностей, является немаловажной образовательной задачей. Для приобретения навыков учащимися (старших классов школ, ссузов и младших курсов вузов) построения моделей некоторых объектов, описанных в текстовом виде, на наш взгляд, подходит обучение компьютерному моделированию задач по физике [2]. Физические задачи обладают всеми необходимыми условиями для этих целей:

1) в них содержится описание некоторого физико-химического процесса (условие задачи);

2) в них ставится некоторая проблема, которую необходимо решить (требования задачи);

3) учащиеся уже обладают знаниями о предметной области объекта моделирования из школьного курса физики.

Ввиду специфики компьютерного моделирования для обучения моделированию учащемуся необходима помощь преподавателя. В связи с этим актуальной является разработка автоматизированной системы обучения компьютерному моделированию задач и оценке полученных навыков, которая смогла бы заменить преподавателя или упростить его работу. Рассмотрим такую систему, обучающую моделированию в среде компьютерного моделирования задач (СКМЗ).

Система обучения моделированию задач. Определим необходимый функционал разрабатываемой системы обучения:

1) предоставление теоретического материала по физике и компьютерному моделированию;

2) иллюстрация процесса построения модели задачи от этапа анализа условий до построения компьютерной модели в СКМЗ на конкретном примере любой физической задачи (даже введённой учащимся), а не только ограниченного фиксированного набора;

3) проверка корректности составленной пользователем модели задачи, информирование пользователя о характере произведённых им ошибок для последующего их исправления;

4) генерация и подбор задач для решения в соответствии с ростом уровня их сложности;

5) ведение статистики успешности прохождения обучения пользователем;

6) выработка рекомендаций учащемуся к дополнительной проработке теоретического материала и решению новых наборов задач по тем разделам физики, где им были совершены ошибки.

Так, структура системы обучения предполагает наличие двух модулей: обучения моделированию (согласно требованиям 1 и 2) и проверки навыков учащихся (согласно требованиям 3–6). В рамках данной статьи рассмотрим только модуль обучения, который представляет собой экспертную систему, хранящую информацию о правилах моделирования физической задачи. Отличительной чертой такой системы должна быть возможность демонстрации процесса моделирования задачи на любом примере, а не только из фиксированного набора. Это позволит повысить автономность работы обучающей системы и осуществлять поддержку исследования учащимся задач любого типа. Для осуществления такой возможности необходимо реализовать функционал:

1) автоматическое построение модели рассматриваемой задачи по её текстовому описанию,

2) формирование текста справочных материалов по решаемой задаче на естественном языке для демонстрации учащемуся процедуры её компьютерного моделирования.

Формирование справочных материалов для моделирования физической задачи. На основе анализа полученной модели физической задачи производится построение связного текста на русском языке – справочных материалов, поясняющих алгоритм моделирования рассматриваемой задачи в СКМЗ. Их текст строится по шаблону, структура и содержание которого варьируется в зависимости от типа рассматриваемой задачи.

Справочные материалы для задачи любого типа включают в себя:

1) краткие теоретические сведения по разделу физики, к которому относится моделируемая задача,

2) описание процедуры анализа условий рассматриваемой задачи: информация о том, как выделить и классифицировать информационные элементы (ИЭ) в данной задаче, какие действующие объекты выделять и как определять их параметры,

3) описание поведенческой структуры рассматриваемой задачи, списки объектных моделей и моделей отношений с указанием ИЭ, которые дают необходимую для этого информацию (указанной информации достаточно для самостоятельного построения компьютерной модели в СКМЗ),

4) описание общей процедуры построения компьютерной модели в СКМЗ – без указания состава компьютерной модели и порядка соединения компонентов для моделируемой задачи (данная информация в целях организации самостоятельной работы студентов выводится только для фиксированного набора задач),

5) сведения для интерпретации результатов, содержащие описание полученного решения.

Таким образом, формируемые системой обучения справочные материалы представляет собой не пошаговый алгоритм для моделирования физической задачи, а иллюстративный материал, предназначенный для разъяснения методики моделирования и демонстрации особенностей модельного представления задач на конкретном, интересующем учащегося примере. После ознакомления с такой инструкцией учащемуся предстоит самостоятельно перевести задачу из модельного представления в компьютерное, что способствует приобретению навыков моделирования и дополнительной проработке курса физики.

Заключение. Разрабатываемая система обучения моделированию задач предназначена для обучения студентов младших курсов, ссузов и школьников моделированию задач по физике. Особенностью системы является возможность иллюстрации учащимся процедуры моделирования любых физических задач, представленных в текстовом виде (а не только заранее внесённых примеров), что позволяет не только реализовать автоматизированную систему генерации задач и проверки

навыков моделирования учащихся, но и даёт возможность самостоятельного обучения моделированию неограниченного круга задач. Для реализации этой возможности были применены методы автоматического анализа текста, логической обработки формализованного представления текста задачи. В перспективе планируется адаптация разработанной системы для обучения студентов старших курсов моделированию более сложных объектов – управляемых технических и эколого-экономических систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Советов Б.Я.* Моделирование систем: учеб. для вузов / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. М.: Высш. шк., 2001. 343 с.
2. *Дмитриев В.М.* Компьютерное моделирование физических задач / В.М. Дмитриев, А.Ю. Филиппов, Т.В. Ганджа, И.В. Дмитриев. Томск: В-Спектр, 2010. 248 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПЕРЕНОСА КУРСОВ МЕЖДУ ПЛАТФОРМАМИ MOODLE И EDX

Д.А. Куропаткин, магистрант каф. ПрЭ

*Научный руководитель В.В. Кручинин, проф. каф. ПрЭ
г. Томск, ТУСУР, strelok91-2007@mail.ru*

Распространение Интернета в 90-е гг. не могло не вселить надежд на то, что новая технология станет мощным инструментом для дистанционного обучения. Всего через десятилетие мы на самом деле оказались на пороге революции в образовании [1].

В настоящее время в мире происходят глобальные изменения в разных сферах жизнедеятельности, и Россия не без исключения. Одной из значимых и быстроразвивающихся сфер социальной жизни является образование, так как в основе образования заложены элементы, которые формируют интеллектуальное, культурное, духовное состояние общества. Научные открытия, изобретения приводят к появлению новых средств, предметов труда, появляются и внедряются новые производственные и информационные технологии. Поэтому в современных условиях развитие обучения населения должно проходить непрерывно с целью получения новых знаний и реализации их в профессиональной деятельности.

Повсеместное распространение MOOC (Massive Open Online Course) меняет формат обучения, давая возможность студентам со всего мира слушать ведущих профессоров мира и участвовать в невиданных ранее обсуждениях на форумах курсов. Количество платформ уже исчисляется десятками:

- COURSERA,
- MIT OPENCOURSEWARE,
- EDX,
- ITUNES U,
- MOODLE.

Такие гиганты, как ITUNES U, COURSERA, являются отличными платформами, собравшими большую аудиторию учащихся, но к недостаткам можно отнести закрытость платформ и предназначены они в основном для англоязычной аудитории, в то время как Moodle, Edx являются открытыми платформами и поддерживают много языков и позволяют вузам самим разрабатывать курсы [2].

Однако на сегодняшний день не существует инструмента переноса курсов между платформами. Поскольку платформы имеют разные способы хранения данных и возможности подачи курсов, полный перенос курсов затруднителен. Перенос вручную занимает много времени, автоматизация процесса позволит сократить время, затрачиваемое на перенос курса.

Основной задачей является перенос контента курса, в таблице представлены элементы контента, которые можно перенести.

Обозначения:

- «←» – затруднён;
- «+» – реализуем.

Из таблицы видно, что конвертация обеспечивает значительный перенос данных, но не всех, что позволяет сократить время переноса курса из платформы moodle в Edx. Тем самым можно добиться большего конвертирования курсов, что позволяет освободить время для создания новых курсов, следовательно, охват тем увеличивается.



Рис. 1. Структурная схема преобразования курса Moodle в Edx

Обозначения на рис. 1:

- Резервная копия курса moodle.
- Загрузка резервной копии курса moodle в конвертор.
- Конвертация – преобразование, структурирование данных курса.

Создание конвертора позволит частично автоматизировать перенос курсов, что облегчает работу по созданию уже имеющихся курсов Moodle в Edx.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Главные* онлайн-платформы для студентов будущего [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.lookatme.ru/mag/how-to/jobs/199515-online-courses> (дата обращения: 10.03.2016).

2. *Системы* дистанционного обучения Moodle [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.hostedredmine.com/documents/2256> (дата обращения: 10.03.2016).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ МЕТОДОВ В ОТКРЫТОМ ОНЛАЙН-КУРСЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ»

А.Е. Ли-До-Шан, студент

*Научный руководитель Ю.В. Морозова, ст. преподаватель, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, muv@2i.tusur.ru*

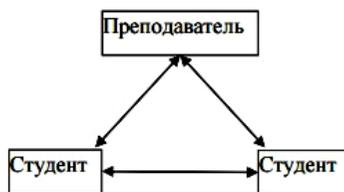
С внедрением новых государственных образовательных стандартов актуально применение информационных технологий и интерактивных методов обучения студентов [1]. Интерактивные формы обучения обеспечивают высокую мотивацию, прочность знаний, творчество и фантазию, коммуникабельность. Одним из важных условий организации успешного образовательного процесса с использованием электронных средств обучения является решение преподавателем задач планирования, управления и контроля учебной деятельностью студентов, в которой самостоятельная работа в рамках новых образовательных стандартов становится решающим фактором [2].

В этом году по дисциплине «Объектно-ориентированное программирование» (ООП) студентам очного обучения предложили интерактивный метод обучения в открытом онлайн-курсе в среде MOODLE. Это модульная объектно-ориентированная динамическая учебная среда, представляющая собой систему управления обучением и имеющая модульную технологию. Она ориентирована, прежде всего, на организацию взаимодействия между преподавателем и студентами [3].

Целью изучения дисциплины является формирование у студентов профессиональных знаний и практических навыков по ООП. В данном курсе студентам предлагаются теоретический материал, множество упражнений, практические задания, различные презентации лекций, контрольные работы. Результаты выполнения заданий и контрольных работ отслеживаются и суммируются для того, чтобы получить итоговую оценку по дисциплине ООП. Также был проведен опрос, по результатам которого 64% проголосовавших студентов выбрали вариант, что обучение в открытом онлайн-курсе очень интересно и помогает в учебе. Такой результат показывает, что у студентов присутствует заинтересованность, а это значит, что интерактивные методы обучения улучшают качество знаний и уровень успеваемости студентов.

Интерактивность помогает установить трехстороннее взаимодействие вида (рис. 1). Такое взаимодействие обеспечивает улучшение коммуникаций между всеми её членами.

Рис. 1. Трехстороннее взаимодействие



На курсе есть очень интересная перекрестная форма проверки практических работ. Каждый студент имеет возможность проверить работу своего товарища, дать комментарий к работе, узнать результат выполнения своей работы, получить комментарий к своей работе. Такое взаимодействие студентов и преподавателя повышает умения корректного оценивания работ других студентов. Также на сайте всегда можно задать вопрос преподавателю или отправить сообщения своему сокурснику. Для того чтобы усовершенствовать курс, стоит добавить функцию «Компилятор» для более удобного пользования. Данная функция поможет быстрее выполнять упражнения студенту и поможет преподавателю быстрее оценивать работы студентов.

Таким образом, использование интерактивных методов в открытых онлайн-курсах помогает студенту в освоении данной дисциплины. При этом внедрение и использование среды управления обучением MOODLE наряду с балльно-рейтинговой системой оценки знаний позволит добиться систематической самостоятельной работы студентов над указанными учебными материалами и повысить качество обучения, повышаются практические навыки обучающихся.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Положение о методах интерактивного обучения студентов по ФГОС 3 в техническом университете.*

2. *Положение* о планировании, организации и проведении лабораторных работ, практических занятий и самостоятельной работы в ТУСУРе при введении ФГОС 3.

3. *Система* управления обучением MOODLE [Электронный ресурс]. <http://www.moodle.org> .

ИНТЕРПОЛЯЦИЯ КООРДИНАТ ТРЕХМЕРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ СЫПУЧИХ СМЕСЕЙ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

В.И. Маковкин, магистрант каф. АОИ

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

г. Томск, ТУСУР, assorti2030@yandex.ru

Существует значимое количество предприятий, занимающихся различного рода производственной деятельностью. Большая их часть использует или производит разные сырье и субпродукты. К ним относятся нефтеобрабатывающие предприятия, домостроительные комбинаты, сельскохозяйственные компании, химическая промышленность и др.

Для хранения или использования сырья на таких предприятиях используются резервуары. Группа резервуаров называется резервуарным парком, и он может быть распределен по территории предприятия.

Предприятия постоянно развиваются и увеличивают в масштабе производство, и все более актуальным становится вопрос о быстром получении точной информации имеющихся на предприятии объемах веществ и динамики их использования. Показатели производительности и окупаемости любого предприятия также должны быть очень высокими. Поэтому резервуарные парки хранения должны эксплуатироваться максимально эффективно при минимальных затратах, сохраняя при этом высокий уровень безопасности производства. Важной задачей в этой отрасли является точное и быстрое измерение объемов используемых на предприятии смесей.

Обычно для определения объема веществ в резервуаре используют уровнемеры или проводят измерения уровня вручную методом простукивания или буйковым методом. Однако таким образом измеряется только уровень вещества в определенном пространстве, который может быть искажен из-за формы резервуара, типа уровнемера или типа хранящейся смеси [1]. Значит, если вещество сыпучее, вязкое 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) и может налипать к стенкам резервуара (рис. 1). Тем не менее усредненный объем смеси в резервуаре вычисляется по значению уровня, и это может вызывать большие погрешности значений, от чего общие данные все больше и больше искажаются с каждым проверенным резервуаром.

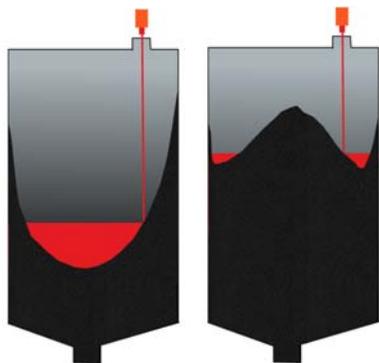


Рис. 1. Форма поверхности при наполнении или откачке вещества в резервуаре

Целью данной работы является получение модели поверхности смеси, приближенной к реальной, в виде нелинейной функции. Данная задача имеет значение при получении массива данных, применяемых в дальнейшем при моделировании и обучении нейронных сетей.

Наиболее оптимальным, в данных условиях, способом решения задачи является использование РБФ сетей, имеющих множество применений, обладающих высокой скоростью работы и подходящих для интерполяции

координат и моделирования поверхностей [2]. Также, в сравнении с математическим и аппаратным моделированием, они обладают большей гибкостью применения на разных входных данных [3].

С практической точки зрения целесообразность разрабатываемой методики позволяет сократить время создания модели поверхности; определить точный объем смесей в резервуаре и динамику его использования; уменьшить количество опытов для получения точной модели поверхности смеси.

Известно, что широкий спектр вычислительных задач, в том числе и трудно формализуемых, решается с помощью искусственных нейронных сетей.

В 1956 г. Колмогоровым было доказано, что любая непрерывная функция может быть реализована в виде суперпозиции функций меньшей размерности. Неявная функция трехмерной поверхности, каковой является рельеф местности, представима в виде [3]

$$f(x, y) = \sum_{i=1}^n \omega_i \varphi(r),$$

где ω_i – константы; $\varphi(r)$ – радиально-базисная функция.

В качестве функции $\varphi(r)$ можно принять любую радиально-базисную функцию (РБФ), которая широко используется для решения задач многомерной интерполяции и аппроксимации

$$\varphi(x, y, c_i^x, c_i^y) = 1 - \sqrt{(x - c_i^x)^2 + (y - c_i^y)^2},$$

где (c_i^x, c_i^y) – некоторые константы, называемые ядрами РБФ.

Таким образом, неявная функция поверхности может быть реализована с помощью нейронной сети, состоящей из двух слоев: скрытого нелинейного слоя, имеющего n нейронов, и выходного линейного слоя, имеющего один нейрон, который передает на выход взвешенную сумму выходов нейронов первого слоя.

Теоретические эксперименты выполнялись с помощью приложения для моделирования Matlab. Задавались функции в декартовой и цилиндрической системах координат: $z = x^2 + y^2$ на промежутке x : $[-1; 1]$, y : $[-1,5; 1,5]$ и $z = \rho^2$ на промежутке ρ : $[0; 20]$, φ : $[0; 360^\circ]$ (рис. 2). Количество точек разбиений по $x = 10$ и по $y = 11$, $\rho = 10$, $\varphi = 10$. Проведя по два эксперимента с низкой степенью точности и более высокой, получаем результаты на рис. 3 и 4 соответственно.

Получаем предполагаемую модель поверхности на рис. 3.

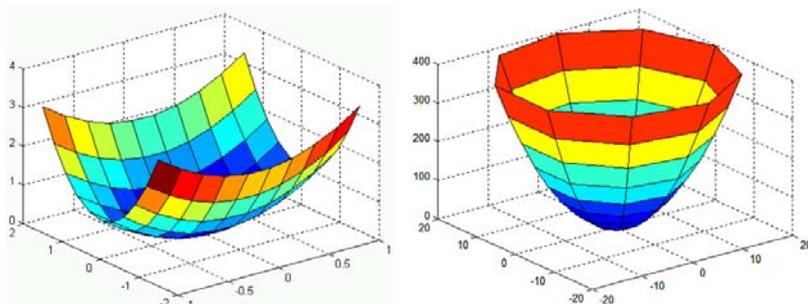


Рис. 2. График исходной функции в декартовой и цилиндрической системах координат

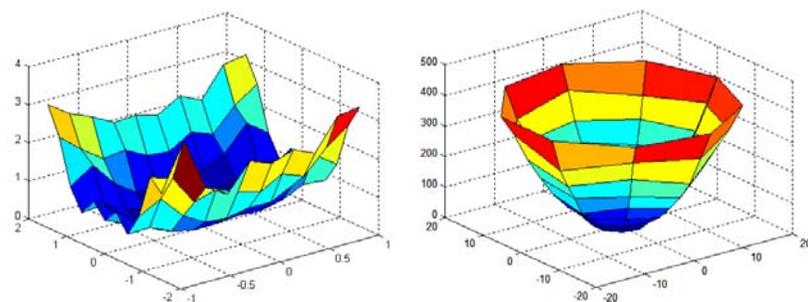


Рис. 3. Результат моделирования исходной функции с низкой точностью

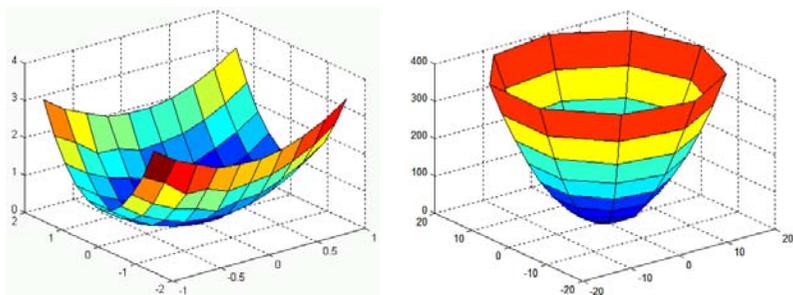


Рис. 4. Результат моделирования функции с высокой точностью

На основе данных можно получить довольно точную модель, время, затрачиваемое на сам процесс обучения сети, меньше секунды, вне зависимости от системы координат.

При обучении сети можно столкнуться с проблемой получения данных в реальных резервуарах, но эта проблема решается путем обучения системы в лабораторных условиях с типовыми веществами и моделями резервуаров меньших размеров, а также, возможно модернизировать сеть для ее постоянного самообучения.

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. Томск, ТУСУР. 2015. Т. 2. С. 93–97.
2. *Компьютерная графика и мультимедиа.* Сетевой журнал // Radial Based Functions [Электронный ресурс]. 2016 <https://cgm.computergraphics.ru/content/view/43> (дата обращения: 26.02. 2016).
3. *Кулажский А.В.* Цифровое и математическое моделирование рельефа местности в системах автоматизированного моделирования трасс железных дорог: дис. ... канд. техн. наук. Томск, 2011. 120 с.
4. *Арнольд В.И.* Избранное-60. М.: ФАЗИС, 1997. С. 18.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АНТЕНН НА БАЗЕ ПЛОСКОГО СКАНЕРА БЛИЖНЕГО ПОЛЯ

Н.Ю. Миронов, студент каф. КСУП

Научный руководитель А.В. Фатеев, каф. СВЧиКР

г. Томск, ТУСУР, sirteterin@gmail.com

Было разработано четырёхкоординатное позиционное устройство для снятия амплитудно-фазового распределения электромагнитного

поля антенны (сканер). Вопрос управления этим устройством был не решён.

Целью данной работы является разработка прошивки для сканера, позволяющей обеспечить легкое управление, высокую точность и скорость позиционирования.

Для реализации блока управления сканером была выбрана Arduino Mega в силу своей компактности и доступности в кратчайшие сроки. Были написаны несколько тестовых версий прошивок, в соответствии с заданными требованиями к функционалу, точности и производительности. Прошивка разрабатывалась на языке программирования, основанном на C++. Была максимально использована объектная ориентированность языка, однако необходимость постоянного опроса высокоточных оптических линеек подняла задачу на очень высокий уровень трудности. Было необходимо независимо одновременно перемещаться по каждой из осей координат, при этом оптические линейки работали в режиме энкодеров.

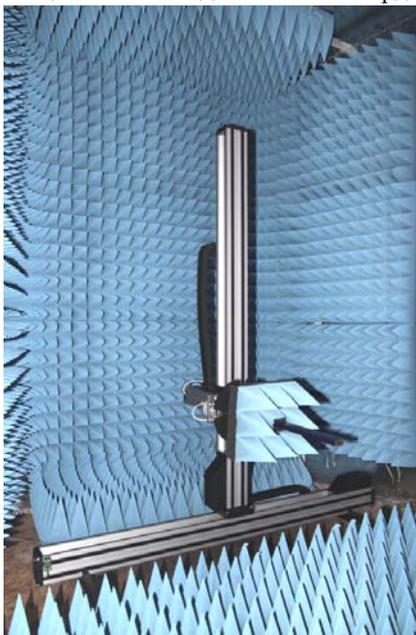


Рис. 1. Фотография сканера

Таким образом, было необходимо постоянно опрашивать их состояние, чтобы не терять импульсы и считывать позицию максимально точно. При этом необходимость обеспечивать высокую скорость перемещения по каждой из осей ставила на колени Arduino Mega, обладающую ограниченной производительностью. Изначально было трудно понять, в какой момент возникает ошибка в программе, а в какой не хватает именно производительности микроконтроллера. Ардуино не обладает стандартными средствами отладки и многими другими полезными инструментами разработки. Первая версия сканера представлена на рис. 1.

Заключение. В ходе работы были получены начальные знания о среде программирования Arduino IDE. На основе полученных сведений был написан скетч для управления 4-координатным сканером. Данный скетч был опробован и показал свою полную работоспособность. В процессе тестирования выяснилось, что при программирова-

нии под микроконтроллеры главными проблемами являются ограниченность аппаратных ресурсов и урезанность множества нужных средств разработки, таких как функции отладки, пошаговое прохождение кода, эмуляция работы, урезанность возможностей языка C++.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Википедия*: Arduino [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный <https://ru.wikipedia.org/wiki/Arduino>
2. *Arduino.ru* [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный http://arduino.ru/Arduino_environment

СТРУКТУРА И ОРГАНИЗАЦИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ

С.А. Панов, ст. преподаватель каф. МуСА,

И.В. Дмитриев, директор АНО ДПО «ОМУ», к.т.н.

Научный руководитель В.М. Дмитриев, зав. каф. МуСА, д.т.н.

г. Томск, ТУСУР, sputech3000@gmail.com

Для обучения инженеров в рамках современных курсов на лабораторные практикумы затрачивается 30–40% от общего плана их обучения. Эта составляющая учебного процесса является наиболее дорогостоящей, затратной и требует помимо дорогого оборудования ещё и специального обслуживания преподавателями, инженерами и техниками. Лабораторная и экспериментальная база вузов довольно консервативна в основном из-за финансовых и материально-технических ограничений. В силу этого она не успевает отслеживать на практике бурное развитие науки и техники и морально устаревает. Решение данной проблемы видится в создании виртуальных (ВЛ) и виртуально-физических лабораторий (ВФЛ), совмещенных с дистанционными формами обучения. Это становится реализуемым в связи с открывающимися широкими возможностями перевода приборной базы на виртуальные, так как традиционные приборы не имеют цифровых интерфейсов и не могут управляться на основе сетевых информационных технологий. Перевод учебного процесса «на рельсы» дистанционных виртуальных лабораторий (ДВЛ) открывает следующие ключевые возможности [1]:

- **Круглосуточная автоматизированная работа ДВЛ** (без преподавателя и лаборанта, нет необходимости в лабораторных помещениях и в рабочих местах для студентов). Экономится выделяемая за счет сокращения часов нагрузка, оптимизируется расписание.

- **Индивидуализация и повышение качества обучения.** Студент вынужден самостоятельно выполнять лабораторную работу. Автоматизируется выполнение этапов работы (изучение, допускной контроль, эксперимент, обработка данных и составление отчета [2]). Преподаватель не ограничивает время проведения работы и может объективно оценить её по результатам мониторинга.

- **Общедоступность ДВЛ.** Расширяется общеобразовательное пространство вуза. Студент может использовать ДВЛ из филиала, общежития или из дома. Открывается возможность кооперации ДВЛ с другими вузами или профильными предприятиями.

Функционирование ДВЛ (рис. 1) осуществляется по принципу «клиент–сервер» через глобальную сеть Интернет. Задействованные в системе отдельные лаборатории вуза соединены в одну локальную вычислительную сеть (ЛВС). Допуск студентов к ДВЛ осуществляется после аутентификации, авторизации и прохождения тестирования знаний. Далее поступающие запросы проходят проверку на наличие ресурса у требуемого лабораторного ресурса (ЛР), а затем прописываются в очередь. Запрос из первой позиции очереди будет отправлен на обработку после проверки состояния требуемого ЛР. Отложенный запрос будет обработан, как только изменится состояние требуемого ЛР. Измерительный сервер, получив запрос на измерение от главного сервера, конфигурирует устройство ввода-вывода, к которому подключен требуемый виртуальный или аппаратный лабораторный макет, затем запускает процесс измерения [3]. Результаты измерений возвращаются на главный сервер и отправляются пользователю.

Для реализации ДВЛ необходимо обеспечить передачу данных, которая производится по двум участкам: 1) глобальная сеть Интернет (удаленный пользователь – главный сервер системы); 2) локальная вычислительная сеть вуза (главный сервер системы – лабораторный ресурс). Система дистанционного обучения (СДО) строится на основе интеграции широко применяемых интернет-технологий, таких как облачные и распределённые веб-приложения (веб-сервисы), решений на базе среды компьютерного моделирования MAPS и системы виртуальных инструментов и приборов (СВИП).

Аутентификация и авторизация пользователей осуществляются на основе информации, хранящейся в базе данных, управляемой при помощи СУБД «MySQL». Ввод в систему новых пользователей (регистрация) возможен как самостоятельно пользователями, так и администраторами посредством ввода необходимых данных (логина, пароля, фамилии, имени, отчества, адреса электронной почты, группы или подразделения) в графические формы, представленные в СДО.

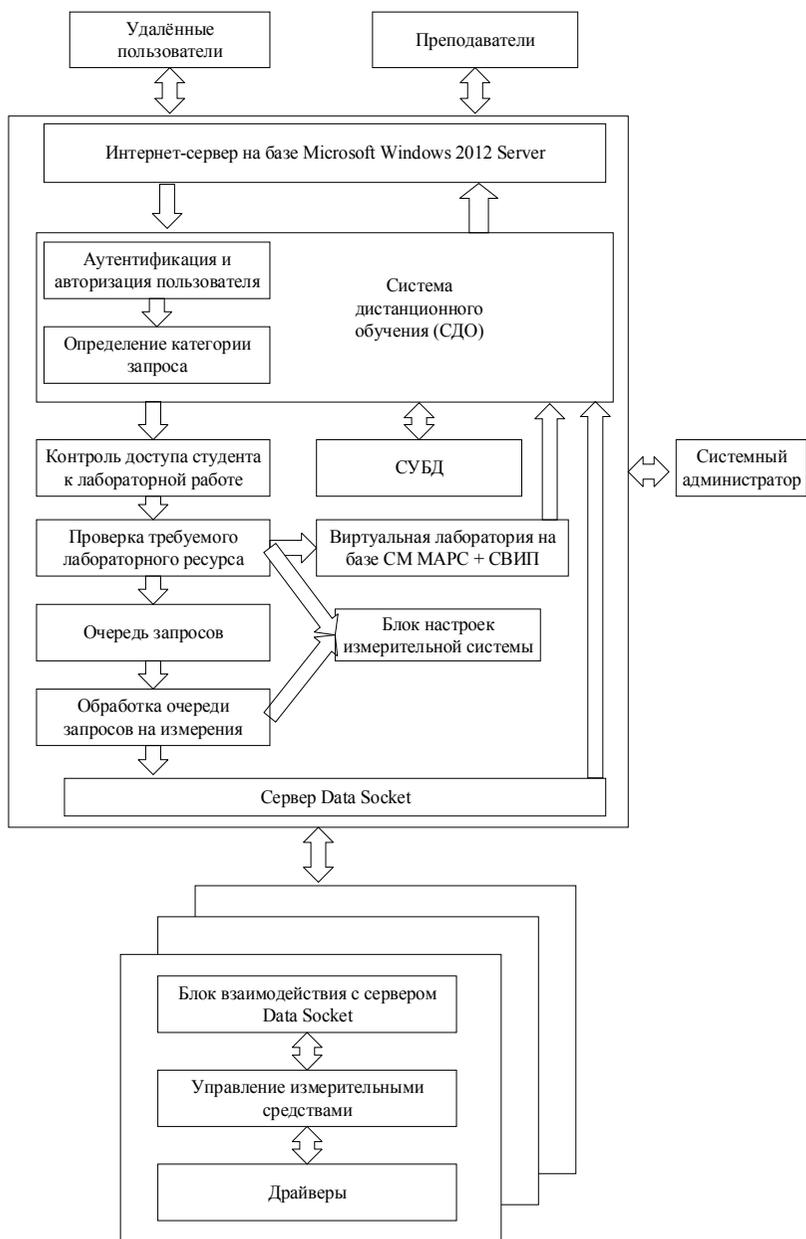


Рис. 1. Функциональная схема системы дистанционного измерения и управления экспериментом

ЛИТЕРАТУРА

1. Евдокимов Ю.К., Линдваль В.Р., Щербаков Г.И. LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. М.: ДМК Пресс, 2007. 399 с.
2. Панов С.А. Использование современных программных средств для автоматизации процесса выполнения лабораторных работ по техническим дисциплинам / С.А. Панов, В.В. Пак, С.А. Стёжкин // Электронные средства и системы управления: матер. докладов XI Междунар. науч.-практ. конф., Томск, 25–27 ноября 2015 г.: В 2 ч. Томск: В-Спектр, 2015. Ч. 2. С. 264–268.
3. Дмитриев В.М., Ганджа Т.В. и др. СВИП – система виртуальных инструментов и приборов. Томск: В-Спектр, 2014. 215 с.

РАЗРАБОТКА БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ СТАНКОМ С ЧПУ НА БАЗЕ МК ФИРМЫ «МИЛАНДР»

К.Б. Петров, студент каф. ЭСАУ

*Научный руководитель Ю.Б. Шаропин, ст. преподаватель каф. ЭСАУ
г. Томск, ТУСУР, yshar@ngs.ru*

Задачей проекта ГПО ЭСАУ-1402 было модернизировать имеющийся на кафедре ЧПУ-станок с применением новой как аппаратной, так и программной частей.

Станок приводится в действие двигателями постоянного тока ДПУ120-550 (по одному на каждую из трех осей), которые оснащены синусно-косинусным вращающимся трансформатором (СКВТ), служащим для определения положения вала двигателя. Управление двигателями осуществляется с помощью электропривода ПРП5, ранее серийно выпускаемого Томским заводом «Сибмотор».

На вход ПРП-5 поступают сигнал частотой 2,5 кГц для первичной обмотки СКВТ и уставка в диапазоне от -10 до $+10$ В, для задания скорости вращения. На выходе сигнал синуса и косинуса. Следовательно, создаваемый блок должен генерировать сигнал 2,5 кГц и по возвращенным значениям сигнала определять координату и скорость вращения двигателя, а также управлять скоростью при помощи изменения уставки.

Верхним уровнем системы является компьютер с установленной системой Linux CNC, который соединяется с блоком управления при помощи LPT-порта.

Linux CNC является операционной системой реального времени, с набором программ и утилит для создания панелей оператора, генерации и интерпретации G-кода, управления движением станка с ЧПУ.

LPT-порт в нашем случае осуществляет выдачу сигнала для управления шаговым двигателем [1]. Задачей создаваемой системы

является получение сигнала для шагового двигателя и замена его сигналом для управления двигателем постоянного тока с СКВТ (рис. 1).

Outputs (PC to Mill):		Invert	Inputs (Mill to PC):		Invert
Pin 1:	Charge Pump	<input type="checkbox"/>	Pin 10:	Minimum Limit + Home X	<input type="checkbox"/>
Pin 2:	X Step	<input type="checkbox"/>	Pin 11:	Minimum Limit + Home Y	<input type="checkbox"/>
Pin 3:	Y Step	<input type="checkbox"/>	Pin 12:	Maximum Limit + Home Z	<input type="checkbox"/>
Pin 4:	Z Step	<input type="checkbox"/>	Pin 13:	Unused	<input type="checkbox"/>
Pin 5:	Unused	<input type="checkbox"/>	Pin 15:	Probe In	<input type="checkbox"/>
Pin 6:	X Direction	<input type="checkbox"/>	Output pinout presets:		
Pin 7:	Y Direction	<input type="checkbox"/>			
Pin 8:	Z Direction	<input type="checkbox"/>			
Pin 9:	Unused	<input type="checkbox"/>			
Pin 14:	Spindle PWM	<input type="checkbox"/>	Sherline Outputs		
Pin 16:	Spindle ON	<input type="checkbox"/>	Xylotex Outputs		
Pin 17:	Coolant Mist	<input type="checkbox"/>			

Рис. 1. Конфигурация LPT-порта

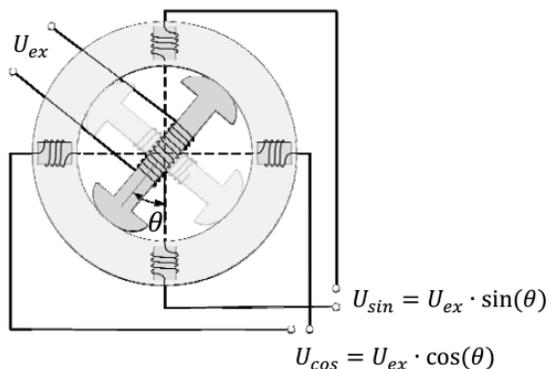


Рис. 2. Принцип действия СКВТ

При подаче сигнала переменного напряжения U_{ex} на первичную обмотку в СКВТ создается электромагнитное поле, перпендикулярное ротору, которое наводит ЭДС во вторичных обмотках СКВТ (рис. 2). Амплитуда напряжения во вторичных обмотках зависит от угла положения ротора θ относительно каждой из вторичных обмоток [2]. Зная изменение угла ротора, можно получить значение скорости вращения

двигателя. Также, зная частоту сигнала для шагового двигателя, можно получить требуемое значение скорости. Далее необходимо программно реализовать регулятор, который, получив вышеприведенные параметры, будет высчитывать требуемую уставку для электропривода (рис. 3).

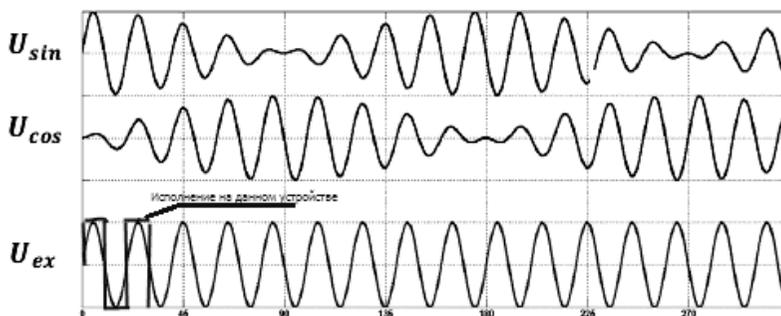


Рис. 3. Сигнал СКВТ в зависимости от угла поворота

В итоге каждый микроконтроллер использует 2 канала АЦП (обработка СКВТ), 2 канала ШИМ (2,5 кГц для первичной обмотки СКВТ, а также выдачи уставки), 1 таймер в режиме захвата (для получения частоты сигнала с LPT) для определения входных величин, обработки данных и получения требуемой скорости перемещения фрезы.

В ходе разработки использованы МК фирмы «Миландр» серии 1986BE93У, среда разработки – IAR Embedded Workbench.

Заключение. Данный станок планируется использовать для изготовления печатных плат сухим методом, но возможны эксперименты по использованию в роли 3D-принтера.

ЛИТЕРАТУРА

1. *MIR-CNC*. Руководства по настройке LinuxCNC/EMC2 для работы через LPT порт [Электронный ресурс]. Форум. URL: <http://mir-cnc.ru/topic/8607-руководства-по-настройке-linuxcncemc2-для-работы-через-lpt-п/> (дата обращения: 19.03.2016).

2. *Двухканальный преобразователь угол-код переменной разрядности для СКВТ, ЛДТ и Сельсинов* – ЗАО «ПКК Миландр» [Электронный ресурс]. Спецификация. Вер.1.2 URL: <http://forum.milandr.ru/download/file.php?id=1807> (дата обращения: 19.03.2016).

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО ПРЕПОДАВАТЕЛЯ ФДО

Т.А. Посысоева, С.В. Васильцов, студенты каф. КСУП

*Научный руководитель Е.Н. Рыбалка, ст. преподаватель каф. КСУП
г. Томск, ТУСУР, eee_not@mail.ru, ewgeny@inbox.ru*

*Проект ГПО КСУП-1501 «Автоматизированное рабочее место
преподавателя ФДО»*

Данный проект разрабатывается для упрощения работы преподавателя с факультетом дистанционного обучения ТУСУРа (ФДО).

В настоящее время у преподавателей ФДО ТУСУРа существует проблема больших временных и трудовых затрат в процессе проверки и обработки индивидуальных заданий (контрольных, лабораторных, курсовых, практических), отправленных студентами.

Целью проекта является веб-приложение, которое предоставит преподавателям возможность проверки работ, хранящихся структурированно на сервере, из любого удобного места, где есть компьютер и Интернет.

Целью данного этапа разработки является объединение базы данных и сайта, созданных на прошлом этапе. Объединение будет проводиться на домашнем сервере, где в последующем и будет проводиться первичное тестирование. Объединение планируется проводить с помощью написания программных модулей на языке программирования JavaScript. Данный язык программирования был выбран в связи с удобством сопровождения приложения в будущем, так как на нем можно запрограммировать не только клиентскую часть приложения, но и серверную, используя node.js.

База данных создана в MySQL при помощи инструмента для проектирования баз данных MySQL workbench (рис. 1).

Сайт разрабатывается при помощи языка разметки гипертекста и каскадных таблиц стилей.

Сайт должен предоставлять пользователям следующие возможности:

- отображение информации о присланных работах;
- отображение хранимых в базе данных работ;
- информация о сданных и сдававшихся работах;
- настройки (путь разархивации, статистика приёма данных);
- возможность обращения к архивным работам;
- поиск по заданным критериям.

После авторизации пользователь попадает на главную страницу сайта (рис. 2), сверху располагается статичное меню, которое содержит пункты: «Статистика» – содержит список студентов, информацию

о сданных дисциплинах; «Настройки»; «Архив» – содержит список студентов, добавленных в архив; «Поиск» – содержит возможность поиска по критериям (фамилия студента, дисциплина, номер специальности).

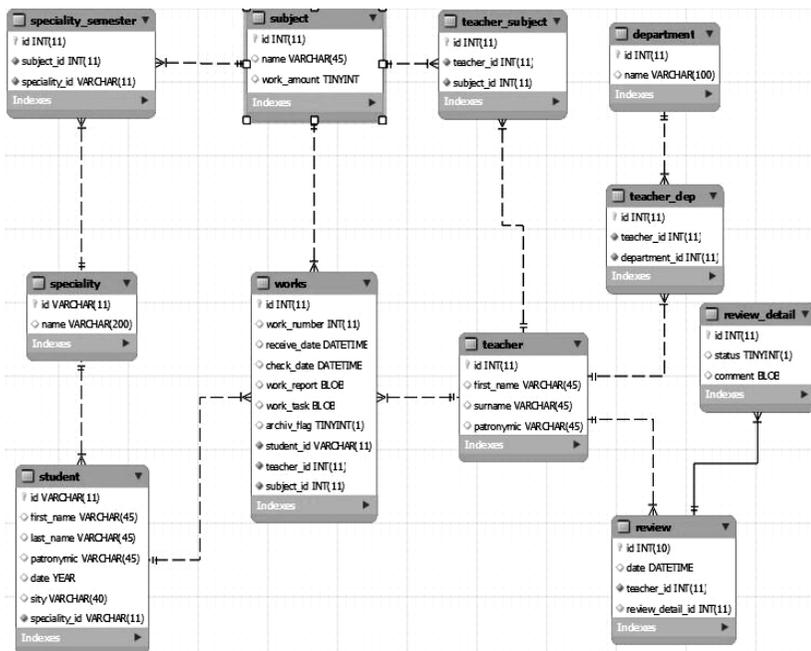


Рис. 1. Физическая модель базы данных

Автоматизация работы преподавателя с факультетом дистанционного обучения ТУСУР

НАПОМИНАНИЯ СТАТИСТИКА НАСТРОЙКИ АРХИВ ПОИСК

Присланные работы

Сортировать по дисциплине: Вывести все

ФИО студента	Дисциплина	Дней с момента поступления	Дата поступления работы
Иванов А.Ю.	БД,	5	10.10.15
Петров Н.В.	ТСИСА,	3	12.10.15
Сидоров А.В.	БД, ТСИСА,	1	14.10.15
Алексеев М.Т.	БД, ТСИСА,	0	15.10.15

Рис. 2. Главная страница сайта

На следующем этапе планируется тестирование приложения и его внедрение.

Итогом будет являться приложение, которое дает доступ к структурированно хранящимся на сервере работам студентов через интернет, чем способствует многократному упрощению работы преподавателя, так как убирает из цикла проверки работ рутинную сортировку файлов и процесс набора шаблонных полей рецензии.

СОЗДАНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ»

*Р.В. Бруй, М.Ю. Петенёв, А.С. Соловьёв, А.А. Сухоруков,
А.В. Рикусов, А.А. Махонько, А.Е. Бойко, студенты каф. АСУ
г. Томск, ТУСУР, bruyroman@ya.ru, irbisswild@gmail.com,
sokol9602@mail.ru, akulla77@gmail.com, rikusov@gmail.com,
Sr.Mahouni@yandex.ru, nastia_boiko96@mail.ru
Проект ГПО АСУ-1301 «Разработка виртуальных
лабораторных работ»*

Описывается разработка виртуальной лабораторной работы (ВЛР) «Микроклимат рабочего места» по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» на основе существующей ВЛР с использованием системы дистанционного обучения Moodle.

В современной системе обучения все больше набирают популярность интерактивные средства обучения. Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) активно развивается в данном направлении. В ТУСУРе, на факультете дистанционного обучения (ФДО), разрабатываются виртуальные лабораторные работы (ВЛР) [1]. Разработке одной из таких лабораторных работ «Микроклимат рабочего места» по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» посвящена данная статья.

Виртуальная лабораторная работа. ВЛР значительно облегчают процесс обучения, так как позволяют наглядно продемонстрировать лабораторные опыты, а также упростить преподавателям проверку правильности выполненной работы. ВЛР позволяют решить проблему недостающего оборудования, а также избавить от расходов, связанных с приобретением оборудования для лабораторных работ и расходов на обслуживание данного оборудования. Для проведения ВЛР, в отличие от классических лабораторных работ, для которых необходимо от-

дельное помещение, укомплектованное дорогостоящим оборудованием, подходит любой компьютерный класс.

ВЛР «Микроклимат рабочего места». В данной ВЛР требуется измерить значения температуры, влажности, скорости ветра при помощи специального оборудования (инфракрасный термометр, психрометр, анемометр) на разных рабочих пространствах. Полученные данные занести в итоговую таблицу. После выполнения ВЛР требуется отправить отчет в Moodle [2] на проверку.

Стоит отметить, что данная ВЛР была создана и внедрена на ФДО ранее, изображение представлено на рис. 1.



Рис. 1. Итерфейс виртуальной лабораторной работы

Отсутствие трехмерной визуализации и как следствие малой наглядности послужили предпосылками для создания новой версии ВЛР. Потребность введения новых возможностей визуализации стало причиной перехода от Flash к Unity.

Инструмент разработки Unity. В качестве главных критериев выбора инструмента для разработки мы выделили кроссплатформенность, возможность трехмерной визуализации, обширную документацию и свободное распространение.

Проанализировав наиболее подходящие инструменты, мы выделили продукт компании Unity Technologies, игровой движок Unity [3]. Данный инструмент обладает следующими преимуществами:

- кроссплатформенность (включая разработку для веб-браузеров);
- трёхмерная визуализация, с относительной простотой получения реалистичного изображения;
- богатая, постоянно расширяемая документация;
- постоянное развитие и внедрение новых технологий;
- огромное сообщество разработчиков;
- свободное распространение

Графический пакет Blender. К сожалению, Unity обладает лишь ограниченным функционалом по созданию геометрических примитивов, ведь он предназначен не для создания сложных трёхмерных объектов, а для их отображения. К счастью, с данной задачей призваны справляться программы для создания трёхмерной компьютерной графики, включающие в себя средства моделирования с последующим текстурированием (что в рамках данной работы требуется в большей степени), анимации, рендеринга и др. После краткого анализа нескольких схожих по назначению приложений в качестве такой программы был выбран Blender [4].

Blender стабильно и довольно быстро развивается, обладает довольно мощным функционалом, а также является свободно распространяемым. Также работает под управлением основных операционных систем: Linux, Windows, OS X, Solaris и BSD.

Заключение. На данный момент ВЛР «Микроклимат рабочего места» находится на начальном этапе разработки. К концу семестра мы планируем разработать рабочую ВЛР и внедрить её на ФДО.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шангина Л.И., Романенко В.В.* Виртуальный лабораторный практикум по дисциплине «Электромагнитные поля и волны»: матер. IX междунар. науч.-практ. конф. «Единая образовательная среда: направления и перспективы развития электронного и дистанционного обучения». Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010.
2. *Анисимов А.М.* Работа в системе дистанционного обучения Moodle. Харьков: Изд-во ХНАГХ, 2009. 292 с.
3. *Goldstone W.* Unity Game Development Essentials. Packt Publishing Ltd, 2009. 302 с.
4. *Кибешов И.В., Мяндина Г.И., Лукьянова Е.А., Проценко В.Д.* Создание электронных учебных пособий на основе трёхмерных моделей, созданных с помощью программы Blender // Электронный научно-образовательный вестник «Здоровье и образование в XXI веке». Вып. 10, т. 10. Изд-во «Некоммерческое партнерство «Сообщество молодых врачей и организаторов здравоохранения», 2008.

ОБЗОР МЕТОДОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ИХ ВНЕДРЕНИЯ В СЕРВИС ВЕДЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО РАСПИСАНИЯ

Д.И. Рубанов, А.И. Назарова, В.М. Бритвич, магистранты,

Е.М. Луговская, студентка каф. АОИ

Научный руководитель Д.Н. Бараксанов, начальник ЦВТиИР

г. Томск, ТУСУР, rdi@openteam.ru, nai@openteam.ru,

bvm@openteam.ru, lugkatya@yandex.ru

*Проект ГПО АОИ-1512 «Сервис ведения электронного расписания
занятий образовательных организаций»*

В мире постоянного развития современных технологий совершенно не удивительно, что целью любой образовательной организации становится автоматизация учебных процессов и минимизация рутинных действий. Одним из ярких примеров процессов, требующих постоянной автоматизации, является ведение расписания учебных занятий. Для образовательных организаций среднего специального и высшего образования обычно используются следующие решения: офисные пакеты (в т.ч. электронные таблицы Google Docs, а также MS Office и LibreOffice) и сложные программные комплексы (например, «1С:Университет», «Галактика» и «AVTOR»).

Решение объединить преимущества каждого из этих вариантов ведения расписания и создать наиболее удобный сервис было принято Центром веб-технологий и информационных ресурсов ТУСУРа. Проект получил название «Сервис ведения электронного расписания «FlipTable» и в настоящее время требует только одной доработки: внедрения в него системы автоматического составления расписания для повышения конкурентоспособности программного продукта. Первым этапом для достижения цели становится анализ методов автоматического составления расписания.

Принято выделять два основных типа методов автоматического составления расписания: классические и метаэвристические методы. К классическим методам можно отнести теорию графов, целочисленное линейное программирование, решение задачи о назначениях [1–3]. К метаэвристическим методам можно отнести: генетические алгоритмы, метод отжига, метод муравьиных колоний, метод роя частиц [1–3]. Кроме того, выделяют отдельные дополнительные методы: мульти-агентные системы, методы решения по прецедентам, методы решения с использованием классической декомпозиции, математические методы моделирования [1–5]. Вне зависимости от выбранного метода составления расписания каждый из них учитывает общую последовательность создания расписания, отображенную на рис. 1 [2].

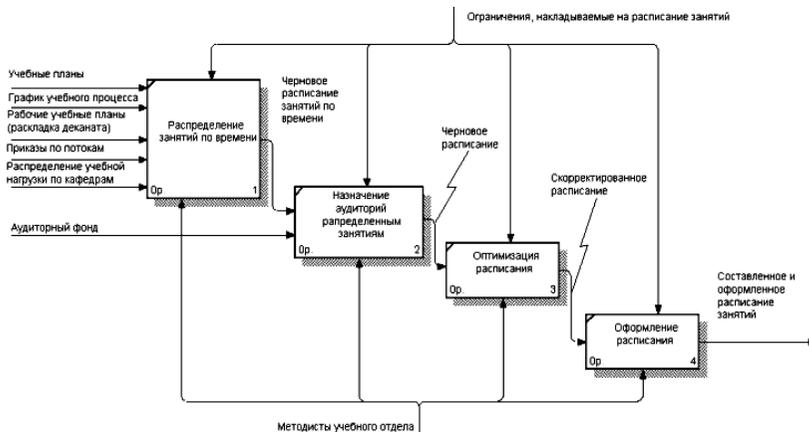


Рис. 1. Последовательность создания расписания учебных занятий

В общем случае анализ источников показал, что каждый из перечисленных методов имеет свои преимущества и недостатки. Так, например, преимуществом классических методов является математическая точность применительно к задаче составления расписания занятий и алгоритмам ее реализации. Недосток классических методов – использование итерационной процедуры поиска или улучшения некоторого начального приближения, где поиск результата осуществляется в окрестностях этого приближения. Таким образом, результат зависит от некоторого начального приближения, в связи с чем возникает проблема выбора значения [6].

Преимуществом и одновременно недостатком метаэвристических методов становится использование различных видов эвристик, при подготовке которых обращаются «слепые» предположения, не подтвержденные соответствующим математическим аргументом. Создание и использование подобных эвристик ускоряет поиск «наилучшего» расписания, однако не гарантирует нахождения «оптимального» решения [6].

В то же время современные подходы составления расписания имеют один общий существенный недостаток – время, затраченное на сбор и ввод требований (ограничений) для программы автоматического составления расписания, практически соизмеримо с трудозатратами на ручное составление расписания. В подобных условиях разработка методов по упрощению формирования входных условий, включая распределенный сбор и формализацию предпочтений преподавателей, а также поддержку полуавтоматического составления расписания с учетом исключения наложений и соблюдения критериев оптимизации, становится актуальной задачей.

В связи с этим в рамках группового проектного обучения планируется провести подробное исследование имеющихся методов, моделей и алгоритмов автоматического составления расписания, адаптировать их с учетом оптимизации сбора начальных условий и реализовать в рамках сервиса FlipTable.ru. Реализация решения в рамках сервиса ведения электронного расписания «FlipTable» повлечет за собой снижение затрат администрации и методистов образовательных организаций на планирование учебного процесса. В свою очередь, это сделает продукт более привлекательным для использования в образовательных организациях и конкурентоспособным в сравнении с desktop-приложениями, в которых уже реализован функционал автоматического составления расписания.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Дворянкин А.М., Чалышев В.С.* Обзор методов составления расписания вузов // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2011. Т. 9, № 11.

2. *Сидорин А.Б., Ликучева Л.В., Дворянкин А.М.* Методы автоматизации составления расписания занятий. Ч. 1: Классические методы // Изв. Волгоград. гос. техн. ун-та. 2009. Т. 12, № 7.

3. *Сидорин А.Б., Ликучева Л.В., Дворянкин А.М.* Методы автоматизации составления расписания занятий. Ч. 2: Эвристические методы оптимизации // Изв. Волгоград. гос. техн. ун-та. 2015.

4. *Ризун Н.О.* Применение методов декомпозиции при решении многокритериальной задачи автоматизации составления расписания учебных занятий в вузе // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2010. Т. 2, № 4.

5. *Лопатин Р.С., Федорков Е.Д.* Применение математических методов моделирования в задачах составления учебного расписания // Вестник Воронеж. гос. техн. ун-та. 2010. Т. 6, № 12.

6. *Свиридова О.В., Михайлов А.В.* Обобщенный анализ методов проектирования и разработки автоматизированного составления расписания образовательных учреждений // Молодой ученый. 2013. №6. С. 214–216.

РАЗВИТИЕ ПОИСКОВОЙ СИСТЕМЫ БАНКА НАУЧНЫХ ПРОЕКТОВ КАФЕДРЫ

С.В. Салтыков, студент каф. МиСА

Научный руководитель С.А. Панов, ст. преподаватель каф. МиСА

г. Томск, ТУСУР, fermager@yandex.ru

Проектирование программных интерфейсов за последний промежуток времени шагнуло далеко вперед, появление новых языков программирования и технологий разработки привело к тому, что некото-

рые разработчики заговорили о тупике развития нынешних графических оболочек, а другие – о переносе разработки приложений в интернет-пространство (или «WEB»). В настоящее время уже имеются примеры удачных интерактивных интерфейсов на базе «WEB», которые позволяют организовать работу пользователей с удаленной информацией и обеспечивают высокое быстродействие приложений. Одним из таких веб-разработок является электронная система хранения научных проектов в рамках кафедры МиСА под названием «Банк научных проектов кафедры» [1].

Идея создания данного веб-ресурса очень проста. С каждым годом приток новых студентов постоянно увеличивается, тем самым увеличивается и количество различных научных и научно-исследовательских работ и проектов, поэтому отследить такой большой объем информации очень трудно и к тому же он занимает много времени. Исходя из этого, была придумана и разработана данная электронная система хранения научных проектов на базе языка программирования «Ruby» [2], фреймворком которого является «Ruby on Rails».

«Ruby on Rails» [3] (или «RoR») не является традиционной средой разработки приложений, а представляет собой полноценный, многофункциональный фреймворк, интегрированный с объектно-ориентированным языком «Ruby» для разработки интернет-приложений, использующих базы данных. Он обеспечивает гибкость разработки, отличную масштабируемость и читаемость приложений. Идеолог и главный разработчик «Rails» Дэвид Хайнмайер Хэнссон называл эту среду самоуверенным программным обеспечением [4], в ней были реализованы строгие философские решения, позволяющие существенно упростить разработку сложных веб-приложений и сократить время разработки от нескольких месяцев до нескольких недель.

После анализа интернет-ресурса «Банк научных проектов кафедры» были выявлены недостатки, главным из которых является поисковая система, как глобальная, так и локальная:

1. Неудобный интерфейс поиска.
2. Отсутствие фильтрации поиска внутри системы.
3. Некорректный вывод и отображение информации после запроса поиска внутри системы.
4. Отсутствие страницы расширенного поиска в системе.
5. Отсутствие поиска проектов в глобальных поисковых системах, хранящихся в базе данных веб-приложения.

Было принято решение внедрить и отладить новую поисковую систему, которая будет удовлетворять всем требованиям современных WEB-технологий.

Идеи и основные принципы. Поисковая система представляет собой программное обеспечение с пользовательским интерфейсом, который предназначен для поиска и выдачи информации по пользовательскому запросу. На сегодняшний день различают два вида поисковых систем: глобальная система, предназначенная для поиска информации в сети Интернет, и локальная система, которая осуществляет поиск в рамках локальных сетей или определенных ресурсов. Также стоит отметить поисковой алгоритм, который является активной частью программной части поисковой системы. Его задачи [5]: индексация сайтов и их страниц; ранжирование сайтов и их страниц; формирование поисковой выдачи.

Обычно под понятием поисковой системы понимается глобальная система, однако принципы построения и функционирования большинства поисковых систем схожи между собой и не имеют существенных различий. Например, если рассмотреть локальный поиск в рамках какого-нибудь интернет-ресурса, то принцип его работы похож: пользователь зашел на ресурс и не может на первый взгляд найти нужную информацию. Он вводит поисковой запрос в форму, предназначенную для поиска, после чего запрос генерируется с базой данных, также параллельно осуществляется перебор похожих слов по контексту интернет-ресурса, после чего пользователь получает положительный либо отрицательный ответ. Далее операцию можно повторить.

Далее, исходя из вышесказанного, для реализации и исправления недостатков поисковой системы в ходе анализа потребуется применить следующие способы решений:

1. Внедрить новую функцию фильтрации (при наборе поискового запроса в окне поиска будет выпадать список, который синхронизирован с базой данных проекта, тем самым это придаст быстроту и легкость в поиске нужной нам информации).
2. Разработать дополнительную веб-страницу расширенного поиска (следует добавить такие пункты, как ФИО научного руководителя, год проекта, отрасль, в которой относится проект, ФИО разработчика и т.п.).
3. Отладить интерфейс и логику локального поиска.
4. Добавить поисковую оптимизацию («SEO») [6] в глобальные поисковые системы, такие как «Google», «Yandex», «Mail.ru» и т.д. (данная оптимизация повысит позицию сайта в поисковой выдаче, когда запрос будет соответствовать его теме).

Исправление ряда недостатков и модернизация, позволят создать современную поисковую систему, которая упростит процесс поиска и будет интуитивно понятна для пользователей своей простотой.

Заключение. Данный ряд изменений поисковой системы «Банка научных проектов кафедры» позволит максимально удовлетворить пользователей, так как с каждым годом системы поиска совершенствуются таким образом, чтобы формировать поисковую выдачу из наиболее важных ресурсов, чей контент является наиболее интересным, информативным, грамотно организованным и обязательно уникальным. В дальнейшем планируется реконструкция форм регистрации студентов, а также доработка описания к проектам и добавление дополнительных сведений о преподавателях и научных руководителях. Данные изменения облегчат студентам поиск необходимой для них тематики научной работы, а также научного руководителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Банк научных проектов кафедры МиСА* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pm.revikom.ru/>, свободный.
2. *Официальный сайт языка программирования Ruby* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ruby-lang.org/ru/>, свободный.
3. *Официальный сайт веб-ориентированной среды разработки Ruby on Rails* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rubyonrails.ru/>, свободный.
4. *Томас Д. Гибкая разработка веб-приложений в среде Rails / Д. Томас, Д. Х. Хэнссон: пер. с англ. СПб.: Питер, 2008. 716 с.*
5. *Поисковая система – Википедия* [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Поисковая_система/, свободный.
6. *Поисковая оптимизация. Википедия* [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Поисковая_оптимизация/, свободный.

ГЕНЕРАТОРЫ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ЭЛЕКТРОНИКА И МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ТЕХНИКА»

*А.Т. Серикбай, С.Е. Табикенова, магистранты каф. ПрЭ
Научный руководитель В.В. Кручинин, проф. каф. ПрЭ
г. Томск, ТУСУР, aikonti-92@mail.ru, kindz@inbox.ru*

В современных образовательных технологиях акцент ставится на индивидуализацию процесса обучения и увеличение самостоятельной работы студента. Поэтому в обучении важную роль принимает процесс создания и выдачи индивидуальных заданий. Однако отсутствие технологий генерации заданий существенно тормозит развитие этого направления. Одним из возможных решений является создание нового класса программ – генераторов тестовых заданий [1].

Генератор тестовых заданий – это программа, результатом выполнения которой является информационный объект. Генераторы содер-

жат один или несколько тестовых заданий или вопросов в определенном формате представления, являются важным инструментом контроля знаний и используются в педагогической практике при работе над формированием многовариантных заданий, предназначенных для определения уровня знаний студентов [2].

Задача построения генераторов тестовых заданий возникла при организации тестового контроля знаний в дистанционной технологии обучения, а именно опыт создания и использования компьютерных контрольных работ в ТУСУР-е показал, что:

- студенты быстро приспосабливаются к небольшому (100–300 вопросов) компьютерному экзамену, кроме того, заранее заготавливают шпаргалки;

- студенты запоминают ответы на вопрос, так как в ответ нужно ввести конкретное число или выбрать конкретный вариант;

- при одновременной сдаче экзамена в компьютерном классе вопросы для разных студентов могут быть одинаковыми [3].

Таким образом, уменьшается эффективность контроля знаний. Для устранения вышеуказанных недостатков было предложено использовать генераторы тестовых заданий [4]. Генераторы тестовых заданий используются и в компьютерных тренажерах.

Компьютерные тренажеры являются необходимым инструментом, который позволяет студентам закреплять знания и проверить навыки по различным дисциплинам. Основными особенностями тренажера являются:

- повышение качества усвоения материала;

- возможность формирования большого количества вариантов индивидуальных практических заданий;

- способствует развитию самоконтроля.

Генераторы в тренажерах также играют существенную роль, однако цели их применения другие. Они позволяют:

- определить слабые места студента и тем самым способствуют более полному изучению предмета;

- существенно перерабатывать методическое обеспечение курса, что приводит к более глубокому пониманию сути предмета [4].

Любое тестовое задание имеет инструкцию, текст задания, правильный ответ.

Инструкция к тесту должна содержать указания, каким образом необходимо выполнять задание. Текст задания представляет собой его содержательное наполнение и может включать введение (информация, предшествующая вопросу), задание и стимулирующий материал (рисунки, схемы, таблицы, графики и т.п.). Правильный ответ – это эталон ответа, с которым будет сравниваться ответ тестируемого, либо, при

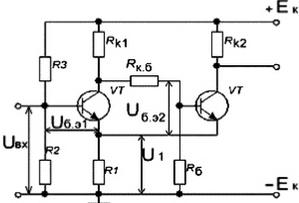
субъективной оценке, наличие определенных критериев, которые позволяют однозначно оценить качество выполнения задания.

Рассмотрим конкретный пример, а именно генерацию задания для тренажера «Расчет триггера Шмитта на транзисторах» по дисциплине «Электроника и микропроцессорная техника». Для создания тренажера с генератором задач использовался язык программирования JavaScript.

Интерфейс задания данного тренажера показан на рис. 1.

✍ **Расчет триггера Шмитта на транзисторах**

Задание: ниже приведена электрическая схема триггера на двух биполярных транзисторах. Произведите расчет триггера, воспользовавшись исходными данными.



Исходные данные:

- Амплитуда выходных импульсов $U_{\text{вых},i}$ [В]: 12
- Максимальное напряжение на R_7 резисторе $U_{1\text{max}}$ [В]: 2.5
- Максимальная частота входного напряжения $F_{\text{вх}}$ [Гц]: 17098
- Температура нагрева транзисторов $t'_{\text{сир}}$ [град.]: 86

Обновить параметры Далее

Рис. 1. Интерфейс задания с генератором чисел

При запуске тренажера, показывается его название, задание, электрическая схема триггера, исходные данные, а также кнопки «Обновить параметры» и «Далее». Кнопка «Обновить параметры» и осуществляет генерацию значений трех параметров.

При первом нажатии кнопки «Далее» открывается новая страница (шаг 1), на которой отображаются задания, после которых нужно рассчитать источник питания триггера, а также выбрать наиболее подходящий транзистор с параметрами, которые в дальнейшем будут использоваться в расчетах. Табличка с параметрами транзисторов выводится только после введения правильных ответов в поле, который обуславливается зеленой подсветкой. Если студент не может решить эту задачу сразу, он может нажать кнопку «Теория» и посмотреть, как вычисляется источник питания и как выбирается транзистор. Если на этот раз он не может решить эту задачу, может посмотреть ответы и двигаться дальше. При вводе неправильного ответа в поле кнопка «Далее» неактивна, а также есть подсветка красного цвета.

В шаге 2 нужно рассчитать сопротивления резисторов, используя параметры выбранного транзистора. Вышеуказанные условия аналогичны с шагом 1. В итоге выводятся на экран найденные параметры триггера со значениями и тип выбранного транзистора.

В данной статье были описаны генераторы тестовых заданий и тренажеров, их преимущества и что они собой представляют. Данный тренажер с генератором задач каждый раз позволяет получать текст задачи с новыми числовыми данными. Благодаря этому студент не привыкает к конкретному числу, а учит алгоритм решения задания со схемой.

В заключение отметим, что данный подход на основе генераторов способствует созданию пакета тренажеров для дисциплины «Электроника и микропроцессорная техника».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кручинин В.В.* Генераторы тестовых заданий и вопросов в современных образовательных технологиях / В.В. Кручинин. Томск: ТМЦДО. 2000. С. 2.
2. *Титков А.В.* Система построения генераторов комбинаторных множеств на основе деревьев И/Или: дис. ... канд. техн. наук. Томск, 2010. 111 с.
3. *Кручинин В.В.* Генераторы в компьютерных учебных программах. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2003. 200 с.
4. *Борисов С.И., Кручинин В.В.* Применение генераторов в компьютерных технологиях обучения. Томск, 2004. С. 6.

ТЕХНОЛОГИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ВИДЕОМАТЕРИАЛОВ В LMS MOODLE

М.М. Шевченко, магистрант каф. ПрЭ

Научные руководители: В.В. Кручинин, проф. каф. ПрЭ, д.т.н.,

Ю.А. Зорин, программист ЛИСМО, к.т.н.

г. Томск, ТУСУР, shevchenkomaxim88@gmail.com

Дистанционное обучение, зародившись в конце 20-го столетия, войдет в 21 век как одна из наиболее эффективных и перспективных систем подготовки специалистов. Появление и активное распространение дистанционных форм обучения является адекватным откликом систем образования многих стран на происходящие в мире процессы интеграции, движение к информационному обществу.

Система дистанционного обучения (СДО) – информационная система, предназначенная для планирования, проведения и управления всеми учебными мероприятиями в организации (включая обучение, проводимое как в очной, так и в дистанционной форме). Более точным названием системы дистанционного обучения, отражающим функцио-

нальные возможности, которыми обладают современные системы дистанционного обучения, является название «Система управления обучением» (Learning management system) [1].

Одной из особенностей LMS является использование в процессе обучения видеоматериалов (лекций, практических занятий, лабораторных работ и т.д.), которые существенно облегчают и улучшают учебный процесс. Варианты этого использования весьма разнообразны. Это и размещение на учебном портале полноценных учебных фильмов и включение видеофрагментов в состав электронных курсов.

Размещение видеоматериала в LMS можно условно разделить на два способа:

Технология с возможностью размещения видеоматериалов на собственных серверных мощностях, таких как Moodle, Coursera, Share Knowledge и т.д.

Технология с возможностью размещения видео материалов на сторонних серверных мощностях, таких как YouTube, Rutube.

У каждой технологии размещения видеоматериалов есть свои плюсы и минусы. Ниже приведена сравнительная таблица с характерными преимуществами и недостатками вышеперечисленных технологий.

Преимущества и недостатки технологий размещения видеоконтента

	Преимущества	Недостатки
Технология с возможностью размещения видеоматериалов на собственных серверных мощностях	<ol style="list-style-type: none"> 1. Единство учебной единицы. 2. Централизованное разграничение прав доступа 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Генерация больших объёмов трафика тормозит всю систему. 2. Отсутствие возможности добавления дополнительной единицы серверных мощностей
Технология с возможностью размещения видеоматериалов на сторонних серверных мощностях	<ol style="list-style-type: none"> 1. Возможность обработки больших объёмов трафика без торможения учебного процесса. 2. Масштабируемость и расширяемость 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проблемы с разграничением прав доступа

Исходя из данных таблицы, можно сказать, что необходимо разработать новую технологию размещения видеоконтента в системе LMS, которая бы включала в себя все преимущества из вышеперечисленных групп и устраняла существующие недостатки.

Следовательно, целесообразнее спроектировать отдельный видеохостинг, хранящий все необходимые обучающие видеоматериалы, который будет интегрирован в LMS и обеспечивать взаимодействие посредством API [2] (рис. 1).

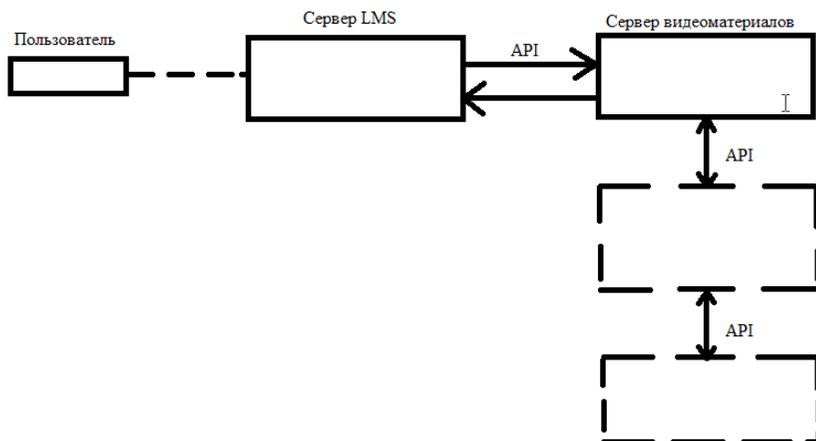


Рис. 1. Структурная схема технологии размещения видеоматериалов

Задачи сервера видеоматериалов:

1. Загрузка и обработка видео с целью поддержки HTML5.
2. Формирование уникальной ссылки доступа к видеоконтенту.
3. Интеграция с LMS-средствами API с целью разграничения прав доступа.

Разработанный способ технологии размещения видеоматериалов позволит существенно улучшить современный дистанционный учебный процесс, используя при этом все категории обучающих материалов. Данная технология размещения видеоматериалов позволит обслуживать большое количество пользователей без угрозы срыва учебного процесса вследствие генерации больших объемов трафика.

ЛИТЕРАТУРА

1. *E-Learning Course Development* [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.packtpub.com/sites/default/files/Moodle_Sample_e-book.pdf (дата обращения: 29.02.2016).

2. *3scale api management platform* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.3scale.net/wp-content/uploads/2012/06/What-is-an-API-1.0.pdf> (дата обращения: 29.02.2016).

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

А.А. Шигина, магистрант каф. САИО

Научный руководитель А.А. Ступина, проф. каф. САИО, д.т.н.

г. Красноярск, СибГАУ, shigina_a@mail.ru

Важную роль в автоматизации и управлении технологическими процессами в объектах горнодобывающей промышленности играют системы управления. Проблема построения таких систем в настоящее время достаточно актуальна, так как повышение эффективности управления невозможно без использования автоматизированных систем управления (АСУ), основанных на применении информационных технологий и прогрессивных математических моделей управления [1–2]. В настоящее время возрастают требования к характеристикам информационного обмена в АСУ. Анализ литературных источников [3–7], исследующих вопросы информационного обеспечения систем управления буровых станков, показывает, что в существующих системах управления отсутствует необходимое количество и качество информации для принятия оптимальных решений по управлению объектом в реальном масштабе времени. Кроме того, современные системы управления не позволяют своевременно реагировать на изменение свойств объекта воздействия (горной породы), осуществлять корректировки режимных параметров и компенсировать возмущения при функционировании технической системы «буровой станок – шарошечное долото – горная порода» (далее – объект управления) в условиях неопределенности, т.е. в условиях случайного изменения физико-механических свойств буримой породы. В связи с этим необходимо формирование структуры интеллектуальной АСУ, обеспечивающей качественное функционирование систем передачи информации.

Математическая модель данной системы включает интеллектуальный преобразователь, объект управления, управляющее устройство системы (исполнительные устройства). Интеллектуальный преобразователь изменяет информацию о внешней среде и объекте управления и трансформирует в сигналы воздействия на управляющие устройства системы. Для формирования воздействий на систему управления объектом в этом преобразователе используется блок принятия решения. Для повышения точности управления интеллектуальная АСУ строится на использовании сочетания принципов управления по возмущению и отклонению и использует нелинейные обратные связи (замкнутая система управления), так как в системе необходимо использовать сложные нелинейные уравнения, преобразующие информационный сигнал

в компьютере. Для формирования управляющего воздействия используется отклонение текущего значения управляемой величины от требуемого значения. Для применения такого типа управления необходимо иметь возможность измерять основные возмущающие воздействия. Отклонение будет обнаруживаться системой и ликвидироваться при помощи управляющего устройства.

Структурная схема интеллектуальной АСУ бурового станка представлена на рис. 1.

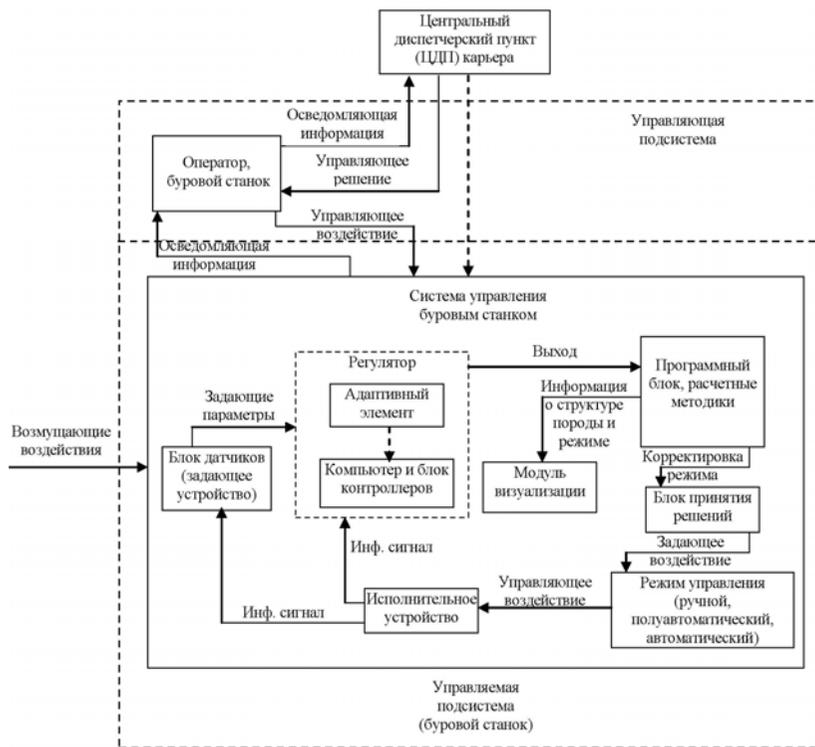


Рис. 1. Интеллектуальная АСУ бурового станка

Эта система функционирует по следующему алгоритму. Внешняя среда (массив горной породы: свойства буримых пород и их непрогнозируемые изменения) воздействует на систему управления и на процесс функционирования объекта управления. Данная система предполагает включение адаптивного элемента (адаптивного вращательно-подающего механизма бурового станка) [8] и компьютера и блока контроллеров в регуляторе, блока датчиков, программного блока, содер-

жащего расчетные методики, блока принятия решений, переключателя режимов, исполнительного устройства, модуля визуализации. На объект воздействуют возмущения, не зависящие от системы управления: ударная нагрузка (причина изменения режима работы бурового станка), помехи (вибрации, уровень запыленности, температура, ошибки приборов, сбой в системе управления). Данный механизм позволяет сглаживать эти непрогнозируемые возмущения.

Для анализа входной информации об изменении физико-механических характеристик горной породы датчики (задающее устройство) посылают в компьютер информационные сигналы об изменениях скорости бурения и тока в статоре адаптивного механизма (задающее воздействие). В компьютере эти информационные сигналы преобразуются в управляющие (информацию о действительных характеристиках горной породы и режимных параметрах) при помощи блока контроллеров (регуляторов, управляющих устройств), предназначенных для сглаживания кратковременных отклонений и реализации процесса управления, и программного блока, который содержит разработанные расчетные методики (реализация алгоритма управления). Затем управляющие сигналы направляются к исполнительному устройству, реализующему принятое решение и способствующему изменению соответствующих режимных параметров (автоматическое регулирование). По этим методикам определяются прогнозируемый ресурс бурового инструмента и удельные затраты на бурение, соответствующие действительным значениям режимных параметров и свойств породы. Из этой же информации определяются оптимальная скорость бурения и режимные параметры (выходные данные). Для улучшения качественных характеристик системы действительные значения сравниваются с оптимальными и автоматически изменяются с помощью корректирующих устройств.

По обратной связи осуществляется быстрая передача информации (сотая доля секунды) о текущих режимных параметрах от объекта управления к управляющей подсистеме. После корректирующих воздействий адаптивный вращательно-подающий механизм работает во вновь заданных режимах и осуществляет подачу и вращение бурового инструмента с необходимым усилием и скоростью. Буровой инструмент проходит сквозь массив горной породы с заданной скоростью до очередного изменения свойств породы. Расчетные значения выводятся на приборную панель для контроля оператора.

Итак, для управления технологическим процессом, осуществляемым в условиях неопределенности и неполноты информации и в случае быстрого протекания непрогнозируемых цепочек процессов и необходимости частых управляющих воздействий в малые промежутки

времени, необходимо применять экспертные системы, которые позволяют своевременно и точно воздействовать на обрабатываемый объект в технологическом процессе. Для быстрого реагирования системы на изменение свойств объекта воздействия и последующей корректировки и поддержания параметров функционирования объекта управления в оптимальном соотношении необходимо использовать систему управления с кратковременной обратной связью. Интеллектуальная система управления в совокупности с адаптивным вращательно-подающим механизмом бурового станка позволит своевременно и постоянно поддерживать оптимальные режимы бурения. Применение такой системы позволит снизить эксплуатационные затраты на процесс бурения в условиях непрогнозируемого изменения физико-механических свойств породы и, как следствие, повысить эффективность функционирования технической системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Сащенко Н.Н.* Интеллектуальная адаптивная система передачи информации в распределенных автоматизированных системах управления: автореф... дис. канд. техн. наук. Владимир: Институт инженерной физики РФ, 2006. 19 с.
2. *Zaitsev K.S.* Using Group Technology to Plan Data Processing in Computer-aided Control System // *Automatic and Remote Control*. 2003. Vol. 64, Issue 9. P. 1507–1512.
3. *Буткин В.Д.* Проектирование режимных параметров автоматизированных станков шарошечного бурения. М.: Недра, 1979. 208 с.
4. *Жуковский А.А., Нанкин Ю.А., Сушинский В.А.* Привод и система управления буровых станков для карьеров. М.: Недра, 1990. 223 с.
5. *Цыганков В.А.* Адаптированная система управления процессом бурения с комбинированным управлением // *Изв. вузов. Приборостроение*. 1971. Т. XIV, №4. С. 39–43.
6. *Бражников Б.А., Кузнецов В.А.* Информационные устройства для определения эффективности управления процессом бурения. М.: Наука, 1978.
7. *Мельников В.П.* Информационное обеспечение систем управления: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.П. Мельников. М.: Изд. центр «Академия», 2010. 336 с.
8. *Шигина А.А., Ступина А.А., Шигин А.О.* Анализ функционирования автоматизированной интеллектуальной системы с адаптивным элементом // *Современные проблемы науки и образования: российский науч. интернет-журн. [Электронный ресурс]*. 2014. № 2 (52); url: <http://www.science-education.ru/116-12783> (дата обращения: 17.04.2014).

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УСТАНОВКИ ПОДГОТОВКИ ГАЗА

*М.О. Писарев, аспирант, И.М. Долганов, доцент, к.т.н.,
Е.Н. Сизова, студентка, каф. химической технологии топлива и
химической кибернетики*

*Научный руководитель Е.Н. Ивашкина, проф. каф. ХТТ и ХК, д.т.н.
г. Томск, НИ ТПУ, jenua_1994@sibmail.com*

Начальный этап подготовки кадров должен включать в себя наработку теоретических знаний, позволяющих эффективно поддерживать работу технологического комплекса в соответствии с нормами технологического режима и быть готовым к возникновению нештатных ситуаций. Решением данного вопроса является использование в процессе обучения имитационной модели на основе процесса низкотемпературной сепарации, которая в динамическом режиме может отображать реальные процессы, протекающие в аппаратах (рис. 1).

Модели построены на базе математических моделей и предназначены для обучения операторов-технологов. Достоинством является то, что они устанавливаются непосредственно в пункте управления процессом и обучаемый оператор должен реагировать на реальные ситуации в реальном времени [1].

Ведущими производителями на мировом рынке компьютерных тренажеров являются: «Honeywell», ABB, GSE Systems.

Структура имитационной динамической модели. Модель должна включать в себя следующее:

- 1) математические модели системы и аппаратов;
- 2) представление аппаратов и физических процессов в формате 3D;
- 3) технологическую схему;
- 4) рабочую зону оператора;
- 5) прибор оценки работы;
- 6) методические пособия.

Также модель должна иметь функциональные возможности:

- 1) управление установками;
- 2) управление параметрами;
- 3) проверка показателей работы аппаратов системы.

Моделирование процесса сепарации углеводородного сырья. Парожидкостное равновесие определяет количественное распределение веществ в межфазной системе. Расчет производят через уравнения фазового равновесия (1) и (2):

$$x_i = \frac{\eta_i}{w(K_i - 1) + 1}, \quad (1)$$

$$y_i = \frac{\eta_i \cdot K_i}{w(K_i - 1) + 1}, \quad (2)$$

где x_i, y_i – мольные доли в жидкой и газовой фазах; η_i – доля компонента в исходной смеси; K_i – коэффициент фазового распределения i -го компонента; w – доля отгона газа.

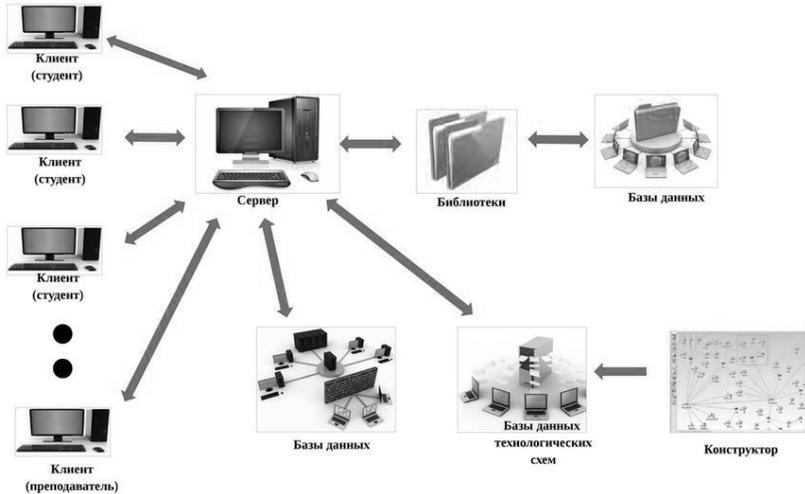


Рис. 1. Схема взаимодействия программных продуктов

Уравнение имеет решение при выполнении условия (3):

$$\sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n y_i = 1. \quad (3)$$

Расчет K_i для компонента рассчитывается по формуле

$$K_i = \frac{y_i}{x_i} = \frac{P_i}{P}, \quad (4)$$

где P_i – парциальное давление i -го компонента; P – общее давление смеси.

Основная задача состоит в определении константы фазового равновесия [2, 3].

Существуют различные методы расчета константы фазового равновесия:

1. Уравнения состояния и их модификации (уравнения Ван-дер-Ваальса; Пенга–Робинсона и другие).
2. Метод Шилова–Ключкова–Ярышева.
3. С использованием принципа соответствующих состояний.

Таким образом, была разработана имитационная модель, которая обладает необходимым набором контролирующих и регулирующих функций. Применение модели способствует повышению качества обучения при подготовке специалистов. Возможно частично устранить разрыв между теоретическими знаниями и практическими навыками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Софиев А.Э. Тренажерные комплексы для обучения операторов потенциально опасных химико-технологических производств / А.Э. Софиев, Е.А. Черткова // Приборы. 2006. №12. С. 57–59.
2. Бикчен Р.Н. Теплотехнические расчеты процессов транспорта и регазификации природных газов. М.: Недра, 1980. 319 с.
3. Термодинамика равновесия жидкость–пар / под ред. А.Г. Морачевского. Л.: Химия, 1989. 480 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ В ОТКРЫТОМ ОНЛАЙН-КУРСЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ»

Н.С. Сорокаумова, студентка

*Научный руководитель Ю.В. Морозова, ст. преподаватель, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. АОИ, mvv@2i.tusur.ru*

Самостоятельная работа – основополагающий фактор получения студентом качественного высшего образования. Во многих университетских дисциплинах под самостоятельную работу отводится достаточно большое количество времени: на лекциях даётся необходимый информационный базис, а на практиках – основные навыки решения задач, которые студент должен закреплять самостоятельно. Но, как показывает практика, далеко не каждый студент может организовать самостоятельную работу и равномерно распределить её между прочими делами из своего графика, вследствие чего эта наиболее важная сторона остаётся неконтролируемой преподавателями, что мешает объективно оценивать самостоятельное обучение студента, и непроработанной, несмотря на достаточно развитые технологии получения знаний вне университета.

Но и в нашем университете данные технологии существуют, и, как показывает недавно принятая Концепция развития электронного обучения в ТУСУРе, они только прогрессируют, ставя перед собой практические цели в рамках реализации электронного обучения. В связи с наличием большого опыта в сфере дистанционного обучения и с опорой на принятую Концепцию внедрение дистанционных образова-

тельных технологий в программу для студентов очной формы обучения является закономерным шагом в развитии электронного обучения в университете.

Открытые онлайн-курсы, являющиеся одной из сторон электронного обучения, решают целый перечень проблем: онлайн-курсы предоставляют платформу для четкой организации работы как студентов, так и преподавателей, студенты обеих форм обучения получают одинаково полную информацию по темам выбранных курсов, выставлены предельно четкие временные рамки для выполнения и сдачи предоставленных курсом самостоятельных работ, прямой контакт с преподавателем сведён к минимуму, что решает проблему психологического фактора, с которой сталкиваются некоторые студенты и преподаватели. В нашем вузе онлайн-курсы уже практикуются на нескольких направлениях обучения, используя систему электронного обучения на базе moodle [1]. Студенты отмечают удобство и качество данной формы работы, но в процессе использования применяемая технология обнаружила ряд минусов, одним из которых является проверка лабораторных работ: выполненные задания до сих пор проверяются преподавателями вручную, включая опрос по теме лабораторной работы, что замедляет процесс и не соответствует идеям принятой Концепции. Не стоит забывать, что и ТУСУР является признанным университетом технической направленности с новейшими разработками и методологиями обучения, и интеграция современных электронных методов обучения только подтвердит его статус.

Опираясь на указанные выше причины, интерактивная проверка лабораторных работ – актуальная разработка, которая должна быть внедрена в электронную систему обучения в ТУСУРе и может быть реализована в рамках Концепции в ближайшие сроки в связи с планируемым внедрением преподавания некоторых дисциплин с веб-поддержкой, начиная с января 2017 г.

Технология онлайн-проверки лабораторных работ будет содержать в себе следующие модули:

- автоматизированная проверка компиляции программы и выводимого результата, что исключит возможность сдать некорректно выполненную задачу, воспользовавшись психологическим фактором;
- тест по пройденной теме, на которую выдаётся работа для выполнения, что поможет выявить полученные знания студента в процессе выполнения лабораторной работы и позволит не тратить время преподавателя на данный опрос.

Также, используя данную концепцию, возможна реализация автоматического ведения рейтинга студента по выполненным тестам и ла-

бораторным работам, что облегчит работу преподавателя в выставлении итоговой оценки по окончании курса.

В результате применения данной технологии проверка лабораторных работ студентов будет полностью автоматизирована и совмещена с проверкой знаний по пройденным темам, и процесс обучения студента будет отвечать Концепции развития электронного обучения в ТУСУРе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Система управления обучением MOODLE [Электронный ресурс]. <http://www.moodle.org>

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

С.К. Важенин

*Научный руководитель Т.В. Ганджа, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, seregavazhenin@gmail.com*

Система многоуровневого компьютерного моделирования среды моделирования MAPC [1] позволяет исследовать и проектировать алгоритмы функционирования системы управления теплоэнергетическими процессами в различных технологических объектах.

Система управления теплоэнергетическими процессами включает в себя компьютерную модель управляемого объекта, используемую для определения адекватных и оптимальных управляющих воздействий.

В теплоэнергетической системе (ТЭС) управление производится путем изменения давления горячего или холодного теплоносителей. В силу большой инерционности таких систем установка необходимой температуры производится достаточно долго. При ошибочных решениях приходится всякий раз на объекте корректировать управляющие воздействия. В силу чего появляются эффекты выхода системы в неустойчивые режимы, в которых наблюдаются колебания температур. Из-за таких перерегулировочных процессов тратится большое количество энергии (обычно электрической) и потребитель при этом несет достаточно ощутимые финансовые потери. Определив требуемые величины управляющих воздействий на модели с возможностью их варьирования в быстром масштабе времени, их можно один раз применить к реальному объекту, наблюдая за тем, как его состояние приходит к желаемому.

На рис. 1 представлена структурная схема многоуровневой компьютерной модели, предназначенной для проведения автоматизиро-

ванного эксперимента, направленного на определение управляющих воздействий на теплоэнергетическую систему (реальную ТЭС) с помощью ее компьютерной модели (модель ТЭС).

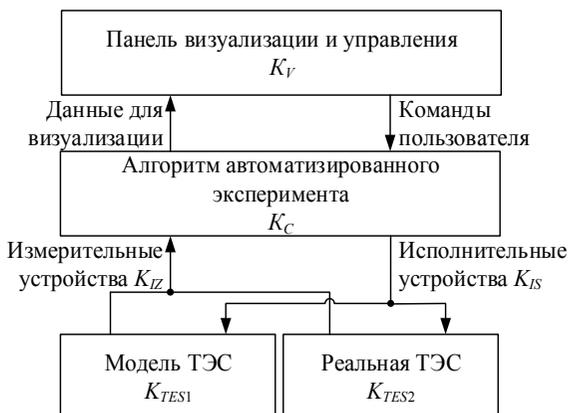


Рис. 1. Структурная схема многоуровневой компьютерной модели системы управления теплоэнергетическим процессом

Данная структурная схема управления может быть реализована в виде многоуровневой структуры, каждый уровень которой включает в себя компоненты определенных множеств:

- **Визуальный уровень** организует взаимодействие модели с пользователем во время ее работы, осуществляя визуализацию результатов анализа и предоставляя возможность пользователю изменять значения варьируемых параметров компонентов и управляющих воздействий на объект или его компьютерную модель.

- **Логический уровень** включает в себя состоящую из компонентов множества K_C имитационную модель алгоритма функционирования устройства управления.

- **Объектный уровень** содержит составленную из компонентов множества компьютерную модель исследуемого объекта, в которую включены модели исполнительных и измерительных устройств [2].

Исполнительными устройствами в теплоэнергетических системах являются такие компоненты, как шиберная задвижка SH, нагревательно-охлаждающий элемент H, который с помощью подводимой к нему энергии подогревает горячий поток для нагревания им холодного потока или, наоборот, подводит холодный поток для охлаждения им горячего потока, источник теплоносителя TS, термотерминатор ТТ и т.д. [3].

Наблюдение за процессами, протекающими в теплоэнергетической системе, осуществляется с помощью следующих измерительных приборов: термометра T , измеряющего температуру в заданной точке, и измерителя теплового потока Q , давления P , потока теплоносителя G , которые передают измеренные значения в устройство управления. На основе полученных значений оно вырабатывает управляющее воздействие на нагревательно-охладительный элемент H , шибберные задвижки SH , насос N .

Объектом управления в таких системах являются камера и находящиеся в ней объекты. Задача управления таких объектов – установление и поддержание необходимой температуры и давления.

Переменными, описывающими состояние теплоэнергетического процесса в каждой точке соединений ее элементов, являются температура, тепловой поток, давление и поток теплоносителя. Элементами компьютерной модели ТЭС являются источник теплового потока TS , тепловое сопротивление TR , тепловая емкость TC , термотерминатор TT , смеситель $Smes$, нагреватель H , в котором наблюдается передача тепловой энергии от горячего тела к холодному.

Связи между компонентами теплоэнергетической системы являются термодинамическими:

$$S_{TE} = [S_G, S_T],$$

где $S_G = \{P, G\}$; P – давление, Па; G – объемный расход, м³/с; $S_T = \{T, Q\}$; T – температура, К; Q – тепловой поток, Дж/с.

Воздействиями окружающей среды являются такие показатели, как влажность, температура воздуха и давление. В зависимости от поставленной задачи данные условия могут быть и не востребованными.

Устройство управления представляет собой набор различных математических компонентов. Вся система управления построена таким образом, что нужный параметр в объекте управления достаточно лишь зафиксировать и переменные в исполнительных устройствах будут изменяться автоматически в зависимости от изменений параметров и условий окружающей среды либо иных переменных в исполнительных устройствах. Появляется возможность управлять температурой при помощи изменения давления холодного либо горячего потока теплоносителя. Такой принцип управления характерен при использовании в технологической системе шибберных задвижек. При таком методе управления возможно спрогнозировать поведение системы при помощи изменения параметров окружающей среды или других воздействиях, а значит, и то, что система способствует эффективному решению поставленных задач в объекте управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Дмитриев В.М.* МАРС – среда моделирования технических устройств и систем / В.М. Дмитриев, А.В. Шутенков, Т.Н. Зайченко, Т.В. Ганджа. Томск: В-Спектр, 2011. 278 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. 24–35.
3. *Дмитриев В.М.* Моделирование теплоэнергетических систем для построения многоуровневых компьютерных моделей управления теплообменными процессами / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, С.К. Важенин // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС–13-2013): доклады (материалы) 19-й Междунар. науч.-практ. конф. г. Новокузнецк, 6–8 нояб. 2013 г. / отв. ред. Л.С. Петрова, В.Н. Масленников. Томск: САН ВШ, В-Спектр, 2013. С. 91–95.

ПРОЕКТ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОЛИМПИАДНОЙ ПОДГОТОВКИ ИТ-СПЕЦИАЛИСТОВ

Н.Д. Букреев, К.Л. Захаров, студенты каф. АОИ,

Ю.А. Богомолов, студент каф. АСУ

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

г. Томск, ТУСУР, zakharov.k.l@yandex.ru

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

Данная работа – результат поиска идеи высокотехнологичного бизнеса. Были проанализированы взгляды представителей разных сфер деятельности: в личных разговорах, интервью в СМИ, на официальных собраниях, в литературе, общественно-аналитических источниках, с опорой на 10-летний опыт технического творчества, 5-летний опыт участия в олимпиадах по программированию, на конспект по гибким (agile) методологиям разработки. Получены реляционный концепт и атрибутивная структура проекта, как субстрат предложены видение (vision) программного продукта и описание необходимых НИОКР.

Сегодня отечественная индустрия информационных технологий имеет слаборазвитую систему знаний и терминологии для ведения высокотехнологичных разработок, что весьма критично. Существует способ организовать создание такой системы в виде образовательного сервиса, инициировав минимальные изменения в существующих процессах обмена знаниями.

Предполагается, что эти изменения достижимы путем организации ряда мероприятий по упорядочению знаний и наладки выпуска программных продуктов, объединяющих традиции высшей школы, кружков творчества и интернет-олимпиад, продуктов, призванных давать членам профессионального сообщества возможность изучать интересные задачи IT-сферы, изучать соответствующие научные дисциплины в их естественной взаимосвязи или же участвовать в развитии каких-либо направлений (рис. 1).

Примеры внутренних проектов других организаций: «Толковый словарь предметной области» (ГИС-Ассоциация), «Общественный веб-сервис вопрос-ответ для разработчиков» (Fog Creec Software), «Семинар по большим данным для руководителей банковского бизнеса» (Яндекс), «Специализированные удаленные и очные образовательные программы» (IT Mail, Школа анализа данных).

Ход работы и литература. Анализируя многообразие похожих проектов, моделируя внешнюю среду на основе разнородных данных из Интернета, оказалось трудно описать объекты информатизации по модели структуры или состава [1], поэтому на начальном этапе пришлось несколько изменить метамодель в сторону философии, используя более абстрактные системные дескрипторы – концепт, структура, субстрат [2].

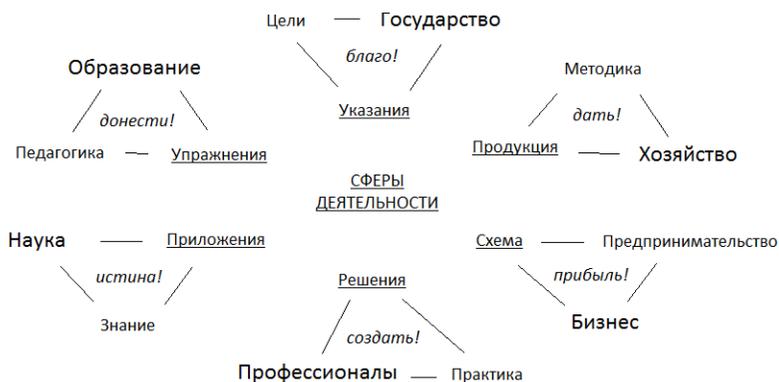


Рис. 1. Личностные портреты заинтересованных лиц

Сравнивая работу руководителя проекта по продаже знаний АМІХ Фила Салина [4] и представления, которые легли в основу текущих задач информатизации (рис. 2), можно заключить, что такие разработки сложны по причине того, что сейчас технологии семантических сетей (Semantic Web) [3], систем управления обучением (LMS) и подобных идут на поводу у тенденции к частичной информатизации

процессов отдельных организаций, теряя те возможности, которые дают знания.



Рис. 2. Картина знаний профессионала и задачи информатизации

Проект по олимпиадной подготовке специалистов. Как результат 15-летнего влияния командной студенческой олимпиады ACM ICPC, полуфинал которой (NEERC) имеет статус Всероссийской олимпиады по программированию, сформировалась культура «спортивного программирования». Другие соревнования – имеют отчасти маркетинговый, а отчасти меценатский характер. Если создать веб-сервисы, способные привлечь сообщество к другим, менее популярным, но используемым в индустрии технологиям, новым форматам участия и подготовки, это будет иметь пути коммерциализации.

Задачи обеспечения целостности и актуальности материалов, качества образовательного процесса и др. будут решены путем разработки эргономичного инструментария по поиску и редактированию, работающего в комбинации с нечеткими и вероятностными моделями характерных способов подготовки, механизмом адаптивного обучения и семантического анализа текстов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ехлаков Ю.* Содержательные модели системного анализа – томский вариант // Информационные технологии территориального управления. 2004. № 42. 11–23.
2. *Уемов А.* Системные аспекты философского знания. Одесса: Негоциант, 2000. 159 с.
3. *Тузовский А.Ф., Чириков С.В., Ямпольский В.З.* Системы управления знаниями (методы и технологии) / под общ. ред. В.З. Ямпольского; Ин-т «Кибернет. центр» ТПУ. Отд. проблем информатизации ТНЦ СО РАН. Томск: Изд-во науч.-техн. лит., 2005. 258 с.
4. *The ecology of decisions* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.philsalin.com/kitchens/index.html> (дата обращения: 10.03.2015).

ПОДСЕКЦИЯ 3.4

МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУКАХ

*Председатель – Зариковская Н.В., доцент каф. ЭМИС, к.ф.-м.н.;
зам. председателя – Колотаев И.В., разработчик
ООО «СибирьСофтПроект»*

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОБНАРУЖЕНИЕ КАРДИОЛОГИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ НА ОСНОВЕ РАЗМЕТКИ ВРЕМЕННОГО РЯДА

*А.А. Бояркина, магистр каф. ВМиММ
Научный руководитель С.И. Колесникова, проф. каф. ВМиММ, д.т.н.
г. Томск, ТГУ, skolesnikova@yandex.ru*

Анализ состояний динамических объектов (нелинейных, неформализованных) является сложной и не всегда решаемой (с приемлемой точностью) задачей. Основной проблемой анализа таких (сложных, по Л.А. Растригину) объектов является стохастичность реализаций изучаемого динамического объекта. Данное допущение делает невозможным применение стандартных методов анализа стохастических временных рядов (СВР), предполагающих стационарность основных характеристик. Очевидно, что возникает проблема нахождения фрагмента временного ряда, где изучаемый процесс испытывает изменения, необходимые для их скорейшего обнаружения с целью предупреждения нежелательных (катастрофических в некотором смысле) событий. В связи с этим возникает задача определения оптимального объема выборки для распознавания состояний нестационарного нелинейного динамического объекта. Указанная задача имеет непосредственную связь с теорией распознавания образов и с современным ее ответвлением – машинным обучением, над созданием и пробацией алгоритмов трудятся в ВЦ РАН (Ю.И. Журавлев, К.В. Рудаков, К.В. Воронцов и др., напр. [1]). Объектом исследования является СВР – множество выборочных значений случайного процесса $\{y_k = y_{t_k}, t_k \in T\}$, описание которого представлено в виде

$$y_k = x_k + \xi_k, \quad (1)$$

где x_k – нелинейная детерминированная функция; ξ_k – случайная нормально распределенная составляющая $N(0, \sigma)$; $t_k = k \cdot \Delta$; $\Delta > 0$; Δ – интервал дискретизации.

Для решения задачи моделирования и обнаружения кардиологических событий будем использовать метод разметки СВР [1]. С этой целью будем полагать, что для каждого i -го фрагмента ряда процесс имеет описание вида:

$$y_k^{(i)} = x_k^{(i)} + \xi_k^{(i)}, \quad k \geq 0, i = 1, I, \quad (2)$$

где $x_k^{(i)} = f_k^{(i)} = f^{(i)}(k \cdot \Delta)$, $\Delta > 0$, $f^{(i)}(t) \in R$ – функция, описывающая поведение неслучайной составляющей СВР. Зафиксируем множество функциональных зависимостей $\Phi = f_k(t)$, $k = 1, n_f$ как основу алфавита $M = \{l_1, \dots, l_m\}$ и системы аксиом. Поставим задачу выделения тренда как задачу классификации, в которой каждой точке ряда y сопоставлялась разметка из фиксированного словаря разметки M и нахождения оптимального значения параметра k с целью повышения достоверности распознавания состояний ДО.

В статье обсуждаются следующие полученные результаты. В процессе реализации алгоритма разметки было проведено исследование по обнаружению кардиологического события как признака инфаркта миокарда (перегородочного). Обнаружение характерного признака наступления данного события производилось в наиболее информативных в данном случае отведениях V_2, V_3 (рис. 1).

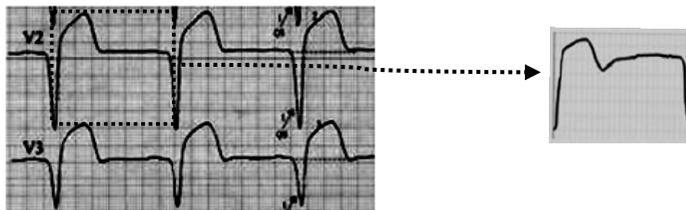


Рис. 1. Трансмуральный переднеперегородочно-верхушечный инфаркт миокарда с переходом на боковую стенку левого желудочка

При решении задачи поиска оптимального размера окна для обнаружения признака кардиологического события была исследована зависимость оптимального размера окна от уровня шума (рис. 2).

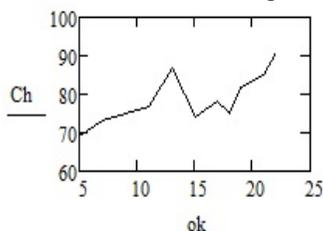


Рис. 2. Зависимость количества правильных ответов v в % от величины окна $n: N(0, 0,02)$

Для оценивания качества и корректности полученных результатов было проведено исследование по изучению эффективности работы алгоритма (рис. 3, б) и зависимости величины оптимального окна от уровня отношения сигнал/шум: $\gamma = \frac{\delta(y + \xi)}{\delta(y)}$ (ОШС) (рис. 3, а).

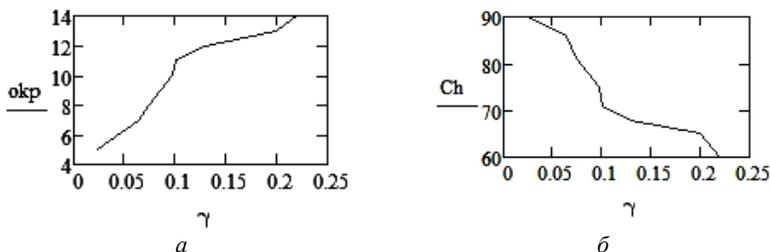


Рис. 3. Величина оптимального окна n в зависимости от ОШС – а; эффективность работы алгоритма в зависимости от ОШС – б

Анализ полученных результатов. В ходе данного исследования был изучен алгоритм разметки временного ряда, позволяющий обнаруживать аномальные состояния динамических объектов любой природы по их реализациям в виде СВР. Алгоритм был применен для решения задачи моделирования кардиологических событий, в частности для обнаружения характерных признаков перегородчного инфаркта миокарда. На этапе решения данной задачи, с целью получения устойчивой работы алгоритма и повышения эффективности результатов его работы, был осуществлен поиск оптимального размера окна для обнаружения признака инфаркта миокарда по реализации ЭКГ-сигнала в отведениях V_2, V_3 . Таким образом, был определен оптимальный размер окна для обнаружения кардиологического события, на этапе поиска которого было проведено исследование зависимости величины оптимального окна от шумовой составляющей в полезном сигнале. Оценивание результатов работы алгоритма было выполнено как изучение его эффективности в зависимости от уровня ОШС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рудаков К.В., Чехович Ю.В. Алгебраический подход к проблеме синтеза обучаемых алгоритмов выделения трендов // Доклады РАН. 2003. Т. 388, № 1. С. 33–36.
2. Букреев В.Г., Колесникова С.И., Янковская А.Е. Выявление закономерностей во временных рядах в задачах распознавания. М., 2004.

ПОИСК ВНЕШНЕЙ И ВНУТРЕННЕЙ ГРАНИЦ РАДУЖНОЙ ОБОЛОЧКИ НА ИЗОБРАЖЕНИИ ГЛАЗА МЕТОДОМ ПАРНЫХ ГРАДИЕНТОВ

*Ю.С. Ефимов, студент ФУПМ МФТИ,
И.А. Матвеев, д.т.н., зав. сектором ФГБУН вычислительного
центра им. А.А. Дородницына РАН
Научный руководитель И.А. Матвеев, ФИЦ ИУ РАН, д.т.н.
г. Москва, МФТИ, yuri.efimov@phystech.edu*

В работе рассматривается задача выделения области радужной оболочки на изображении глаза. Внешняя и внутренняя границы радужной оболочки аппроксимируются окружностями.

В современной биометрии существует проблема [1] сегментации радужной оболочки на изображении глаза человека. Требуется выделить две приближённо концентрические окружности, соответствующие внутренней и внешней границам радужки. Внутри радужка ограничена зрачком – темной круглой областью, снаружи – белком глаза – наоборот, светлым пространством.

Для поиска границ радужки используется методология Хафа [2] – метод парных градиентов. Данный подход предполагает использование градиентов яркости в качестве критерия отбора точек, предположительно лежащих на одной окружности. Для выделения границ на изображении используется фильтр Кэнни. Из пикселей границ формируется множество граничных точек.

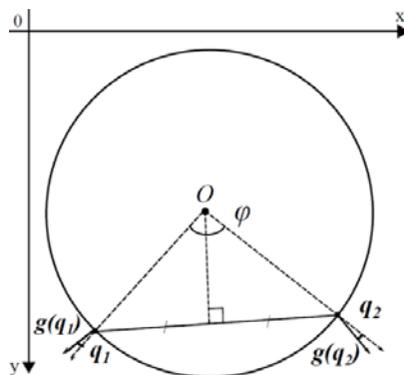


Рис. 1. Идея метода парных градиентов

Как известно, окружность на плоскости можно задать вектором параметров: $p = (x_c, y_c, r)^T$, где пара $(x_c, y_c)^T \in \mathbb{R}^2$ задаёт центр окружности и $r \in \mathbb{R}$ определяет её радиус. Предположим, что на изображе-

нии присутствует единственная окружность с параметрами $O = O(x_c, y_c, r)$. Тогда в ее точках модуль градиента яркости $\|g(x, y)\|$ будет превосходить его значение в остальных точках изображения. Рассмотрим пару точек $q_1 = (x_1, y_1) \in O$ и $q_2 = (x_2, y_2) \in O$, принадлежащих диаметру окружности O , векторы $g(q_1)$ и $g(q_2)$ образуют между собой угол φ . В данном предположении прямые, проведенные через данные векторы, будут пересекаться в некоторой точке q^* , которая в идеальном случае будет соответствовать центру окружности O , причём расстояния до точки q^* от данных точек q_1 и q_2 соответственно должны быть равны между собой (рис. 1). Таким образом, можно сформулировать условия отбора для пары точек $\{g(q_1), g(q_2)\}$:

$$\begin{cases} \|g(q_1)\| > T_g, \\ \|g(q_2)\| > T_g, \\ \angle(g(q_1), g(q_2)) = \varphi, \\ \|q_1 - q^*\| = \|q_2 - q^*\|, \end{cases}$$

где первые два условия определяют отбор точек с величиной градиента яркости с нижним порогом T_g , третье задаёт величину угла между направлениями градиентов яркости, и последнее условие позволяет проверить равенство расстояний от центра предполагаемой окружности до рассматриваемых точек.

Если $\{q_1, q_2\}$ – отобранная пара, то параметры $p\{q_1, q_2\} = (x_c, y_c, r)$ гипотетических окружностей определяются следующим образом: координаты точки q^* пересечения прямых

$$l_1 = q_1 - t_1 \cdot g(q_1), \quad l_2 = q_2 - t_1 \cdot g(q_2)$$

соответствуют координатам (x_c, y_c) центра предполагаемой окружности радиуса $r = \sqrt{(x_1 - x_c)^2 + (y_1 - y_c)^2}$.

Формируется множество параметров гипотетических окружностей $P = \{p_i\}_{i=1}^M = \{x_c^i, y_c^i, r^i\}_{i=1}^M$, где M – число отобранных пар.

Поиск центра радужной оболочки методом Хафа осуществляется голосованием центрами предполагаемых окружностей в двумерном массиве-аккумуляторе, изоморфном исходному изображению. Для определения радиусов окружностей, аппроксимирующих границы радужки, используется гистограмма расстояний от найденного положения центра до граничных точек.

Проведён вычислительный эксперимент, проверяющий работоспособность алгоритма, на данных из открытой базы изображений радужки CASIA-2, [3]. Также произведено сравнение предлагаемого метода с методом голосования вдоль направления антиградиента яркости

(рис. 2). Предлагаемый метод позволяет значительно сократить перебор граничных точек при поиске центра, отсеять шумы в изображении аккумулятора при поиске центра окружности методом Хафа, и по точности существенно превосходит указанный метод.

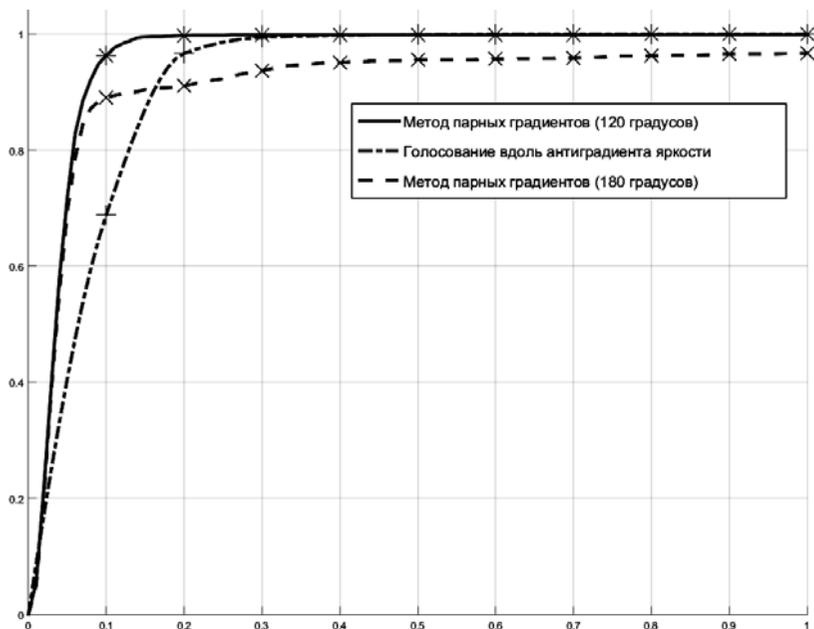


Рис. 2. Гистограмма ошибки определения границ радужной оболочки

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №13-01-00866.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ганькин К.А., Гнеушев А.Н., Матвеев И.А. Сегментация изображения радужки глаза, основанная на приближенных методах с последующими уточнениями // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2014. №2. С. 80–94.

2. Cauchie J., Fiolet V., Villers D. Optimization of an Hough transform algorithm for the search of a center // Pattern Recognition. 2008. Vol. 41, Issue 2. P. 567–574.

3. CASIA. Chinese Academy of Sciences Institute of Automation. CASIA-IrisV2: CASIA-Iris-Lamp image database. [Электронный ресурс] <http://www.cbsr.ia.ac.cn/IrisDatabase.htm> (дата обращения: 04.03.15).

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ РИСКОВ В НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕМ КОМПЛЕКСЕ

*Д.С. Гусева, студентка каф. управления промышленной
и экологической безопасностью*

*Научный руководитель Л.Н. Горина, проф. каф. управления
промышленной и экологической безопасностью, д.п.н.
г. Тольятти, ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный
университет», Gorina@iltsu.ru*

Наряду с бурно развивающейся нефтяной и газовой промышленностью в нашей стране также возрастают и риски на крупных промышленных предприятиях. Только за последние сто лет произошел целый ряд аварий в химической и нефтеперерабатывающей промышленности. Эти аварии сопровождались пожарами, взрывами и выбросами токсичных веществ. В некоторых из них погибли сотни людей.

При рассмотрении объектов можно использовать следующую классификацию рисков:

- профессиональные риски (как для одного работника, так и для группы человек, находящихся на одном объекте);
- экологические риски (воздействие работы производства на окружающую среду);
- техногенные риски (крупные и незначительные аварии и их последствия).

Для оценки профессиональных рисков в настоящее время существует технология спецоценки: Федеральный закон от 28.12.2013 № 426-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «О специальной оценке условий труда».

Для оценки техногенных рисков существует процедура производственного контроля за опасными производственными объектами.

Для оценки экологических рисков существуют такие процедуры, как экологический производственный контроль и аналитический контроль качества окружающей среды.

Однако до настоящего времени в России отсутствуют, к сожалению, общепринятые методики анализа риска. Существующие методики носят фрагментарный характер и не позволяют в полном объеме решать важные практические задачи (в частности, при подготовке деклараций безопасности).

Одним из наиболее важных аспектов оценки потенциальной опасности объектов, в том числе нефтяной промышленности, является моделирование процессов развития (построение множества сценариев) крупных производственных аварий. Однако до настоящего времени

методы моделирования сценариев аварий остаются недостаточно совершенными. Рекомендуемые надзорными органами методики учитывают не все физические явления, характерные для аварий на предприятиях нефтяной отрасли. Не существует единой методики, позволяющей определять показатели риска. Открытыми остаются вопросы применения количественных оценок показателей риска.

В данном исследовании используется системный подход для проектирования методологии для оценки рисков технических объектов. Цель исследования – разработать систему оценки рисков для проведения комплексной оценки рисков. Для достижения поставленной цели разработаны методы оценки частот реализации различных сценариев возникновения и развития аварии, построены модели образования полей поражающих факторов, а также модели воздействия поражающих факторов на человека, здания, сооружения, основные производственные фонды.

Рассмотрим виды рисков от оборудования и последствия их работы с точки зрения профессиональной – воздействия на работников производства. Со стороны экологической безопасности – воздействия на окружающую среду, а также техногенной безопасности – возможные техногенные аварии.

Данные по идентификации рисков или опасностей представлены в таблице.

Идентификация опасностей от технологического оборудования на примере резервуаров для хранения нефтегазовых продуктов

Факторы (оборудование)	Профессиональные риски	Экологическая опасность	Техногенная опасность
Газораспределительные станции	Утечка газа из трубопроводов – отравление газом	–	Обрушение зданий и конструкций в связи с сильными вибрациями

Следующим этапом исследования стали анализ, выбор и апробация методов оценки риска. Для данного исследования нами были выбраны следующие методы: диаграмма Исикавы, «Галстук-бабочка» и SWOT-анализ.

На основании проведенного анализа рисков можно сформулировать следующие выводы:

1. Применение метода оценки риска «Диаграмма Исикавы» возможно для определения факторов, причин и последствий риска.

2. Применение метода «Галстук-бабочка» также возможно для определения факторов, причин и последствий риска. Но данный метод позволяет определить последствия риска.

3. Метод SWOT-анализ применим для системного исследования рисков, то есть при рассмотрении системы управления безопасностью в целом.

Таким образом, на основании проведенного исследования считаем необходимым продолжить анализ риска по методу SWOT-анализа, с целью детализации его применимости к конкретному оборудованию, а не системы в целом.

АДАПТИВНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ

Д.Ю. Исыпов, магистрант каф. ПрЭ

*Научный руководитель А.А. Светлаков, профессор каф. ЭСАУ, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, ataeth@bk.ru*

Среди основных направлений современной теории управления выделяется проблема синтеза автоматических систем адаптивного регулирования с возможностью изменения информации о переменных параметрах объекта и внешних возмущающих воздействиях. Недостаточно высокая точность и качество управления являются одним из недостатков классических регуляторов, таких как ПИД-, ПИ- и П-регуляторы, и обуславливают необходимость создания адаптивных регуляторов, обеспечивающих более высокую точность и качество регулирования [1].

Целью работы является разработка и реализация алгоритма адаптивной идентификации параметров математической модели объекта управления, описываемого разностным уравнением, имеющим следующий вид:

$$y_{t+1} = \alpha_1 y_t + \alpha_2 y_{t-1} + \alpha_3 y_{t-2} + \alpha_4 u_t + \alpha_5 u_{t-1}. \quad (1)$$

Здесь, t – текущий момент времени, а $t - 1$, $t - 2$ и $t - 3$ – предшествующие ему моменты времени; y_{t-i} – значения выхода объекта в моменты времени $t - i$, $i = \overline{0...4}$; u_t, u_{t-1} – значения входа управляющих воздействий.

Данный алгоритм позволит достаточно точно оценивать параметры a_1, a_2, \dots, a_5 модели (1) управляемого объекта [2].

Описание алгоритма адаптивной идентификации. Считаем, что в каждый момент времени t , $t = 1, 2, 3, \dots$ имеются:

1. Совокупность измеренных значений $u_{t-1}, u_{t-2} \dots u_{t-m}$ входа U управляемого объекта (ОУ) и значений $y_t, y_{t-1}, \dots, y_{t-m+1}$ его выхода Y , где m – некоторое заданное натуральное число, такое, что $m \leq t$.

2. Вектор $a_{t-1} = (a_{t-1,1}, a_{t-2,2}, \dots, a_{t-1,5})^T$ оценок вектора $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_5)^T$ параметров модели (1), вычисленных в предшествующий момент времени $t-1$. Здесь $t \geq m+2$, а T – символ операции транспонирования векторов и матриц.

Для уточнения (вычисления более точных значений) оценок a_t параметров α формируем систему уравнений, выполняя следующие операции:

1) Составляем правую часть системы уравнений – m -мерный вектор-столбец z в соответствии с равенством

$$z = (y_t, y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-m+2}, y_{t-m+1})^T. \quad (2)$$

2) Составляем прямоугольную $(m \times 5)$ -матрицу V_t , формируя её строки $i = \overline{1, m}$, согласно следующим равенствам:

$$\begin{aligned} \bar{v}_1 &= (y_{t-1}, y_{t-2}, y_{t-3}, u_{t-1}, u_{t-2}); \\ \bar{v}_2 &= (y_{t-2}, y_{t-3}, y_{t-4}, u_{t-2}, u_{t-3}); \\ \bar{v}_i &= (y_{t-i}, y_{t-(i+1)}, y_{t-(i+2)}, u_{t-i}, u_{t-(i+3)}); \\ \bar{v}_m &= (y_{t-m}, y_{t-(m+1)}, y_{t-(m+2)}, u_{t-m}, u_{t-(m+1)}). \end{aligned} \quad (3)$$

В результате выполнения описанных выше операций 1 и 2 получаем систему m -линейных алгебраических уравнений вида

$$V_t a_t = z \quad (4)$$

относительно неизвестного вектора a_t оценок вектора α .

3) Представляем вектор a_t новых (уточненных) оценок неизвестного вектора α равенством вида

$$a_t = a_{t-1} + \Delta a_t, \quad (5)$$

где Δa_t – неизвестный вектор поправок имеющегося вектора оценок вектора α , вычисленных в предшествующий момент времени $t-1$.

4) Вычисляем вектор невязок Δz_t в соответствии с равенством

$$\begin{array}{c} \downarrow \\ \Delta z_t = z - V_t a_{t-1} \end{array} \quad (6)$$

и его евклидову норму $\|\Delta z\|$, определяемую равенством

$$\|\Delta z\| = \left(\sum_{i=1}^m \Delta z_i^2 \right)^{1/2}. \quad (7)$$

5) Проверяем неравенство вида

$$\|\Delta \bar{z}\| = \Delta, \quad (8)$$

где Δ – некоторое заданное, достаточно малое положительное число, и если оно выполняется, то полагаем, что

$$\begin{array}{c} \downarrow \quad \downarrow \\ a_t = a_{t-1}, \end{array} \quad (9)$$

и на этом уточнение оценок a_{t-1} заканчиваем. Если данное неравенство не выполняется, то составляем систему линейных алгебраических уравнений

$$V_t \Delta a_t = \Delta z_t \quad (10)$$

и вычисляем её решение Δa_t согласно равенству

$$\Delta a_t = V_t^+ \Delta z_t, \quad (11)$$

где V_t^+ – прямоугольная ($5 \times m$) матрица, псевдообратная к матрице V_t .

6) Вычисляем новые оценки a_t согласно следующему равенству:

$$a_t = a_{t-1} + \Delta a_t = a_{t-1} + V_t^+ \left(z - V_t a_{t-1} \right), \quad (12)$$

и на этом процесс уточнения имеющихся оценок a_{t-1} заканчиваем.

7) С получением в момент времени $t+1$ новых значений y_{t+1} выхода Y объекта управления и u_t его входа U «обновляем» вектор z_t и матрицу V_t , сдвигая его компоненты (её строки) на 1 вниз в соответствии с равенствами

$$z_{m-i} = z_{(m-1)-i} \rightarrow v_{m-i} = v_{(m-1)-i}, \quad i = 0, \quad m = 2 \quad (13)$$

и присваивая его первой компоненте z_1 (её первой строке \vec{v}_1) «новое» значение согласно равенствам

$$\text{а) } z_1 = y_{t+1} \text{ и б) } \vec{v}_1 = (y_{t-1}, y_{t-2}, y_{t-3}, u_{t-1}, u_{t-2}). \quad (14)$$

В результате выполнения данной операции из вектора z_t (матрицы V_t) устраняется самая «старая» компонента z_m (строка \vec{v}_m).

8) Используем полученные «новый» вектор z_t и «новую» матрицу V_t для получения «новых» оценок a_{t+1} , вычисляя их значения в соответствии с равенствами (5)–(12), составленными относительно векторов оценок a_t и a_{t+1} и поправок Δa_{t+1} .

Заключение. В настоящее время реализация алгоритма производится на языке программирования высокого уровня Microsoft Visual C#. В дальнейшем будет произведено испытание полученного алгоритма и программных средств в задачах синтеза адаптивных систем управления. Как показывают результаты исследований [2], предложенный алгоритм обладает высокой чувствительностью к изменениям входа и выхода объекта управления и позволяет получать достаточно точные оценки параметров модели объекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Светлаков А.А.* Обобщенные обратные матрицы: некоторые вопросы теории и применения в задачах автоматизации управления процессами. Томск: НТЛ, 2003. 388 с.
2. *Карелин А.Е., Майстренко А.В., Светлаков А.А.* Рекуррентная идентификация процессов и объектов и ее применение в построении адаптивных систем управления. Томск: ТУСУР, 2011. 180 с.

ПОДДЕРЖКА TEST-CASE С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SELENIUM WEBDRIVER

В.С. Коробко, студент каф. ЭМИС

*Научный руководитель Н.В. Зариковская, доцент каф. ЭМИС, к.ф.-м.н.
г. Томск, ТУСУР, pititvs@gmail.com*

Один из важных этапов разработки программного обеспечения – тестирование, в частности, регрессионное тестирование. Регрессионное тестирование направлено на проверку изменений, сделанных в приложении или окружающей среде для подтверждения того факта,

что ранее написанный функционал работает так же, как и прежде. Как правило, для регрессионного тестирования используются тест-кейсы, написанные на ранних стадиях разработки и тестирования. Это дает гарантию того, что изменения в новой версии приложения не повредили уже существующую функциональность. Для ускорения последующего процесса тестирования и обнаружения дефектов на ранних стадиях разработки программного обеспечения рекомендуется проводить автоматизацию регрессионных тестов [1].

Целью данной работы является выбор методов и инструментов сопровождения тест-кейсов для автоматизированного тестирования.

Для поддержки тест-кейсов был выбран Selenium WebDriver. По существу Selenium WebDriver представляет собой драйвер браузера – спецификацию программного интерфейса для управления браузером, реализации этого интерфейса для нескольких браузеров и набор клиентских библиотек для этого интерфейса на нескольких языках программирования [2]. Стоит учесть, что Selenium не является инструментом тестирования, как таковым, однако предоставляет автотестам доступ к браузеру. Для структурирования, группировки, запуска тестов используется фреймворк тестирования JUnit, разработка ведется в IntelliJ IDEA. Следовательно, используя Selenium WebDriver, тесты будут запускаться в автоматическом режиме на различных браузерах.

На рис. 1 показана схема сопровождения тест-кейса. Библиотека Selenium, подключается к Java-проекту, JUnit-класс описывает взаимодействия с браузером. Тест-кейс – сценарий теста, выполняется в рамках тестовой Web-системы, которая поддерживается в нескольких браузерах: Fire Fox, Chrome, Internet Explorer. На выходе из Web-системы получаем результаты тестирования в виде логов и скриншотов.

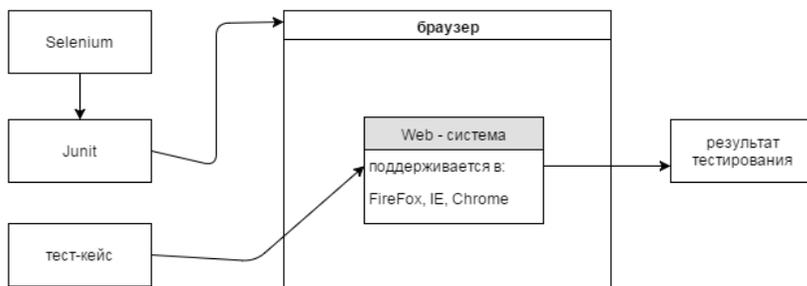


Рис. 1. Схема сопровождения тест-кейса

В рамках практической части, с использованием JUnit и Selenium, реализованы два тест-кейса для браузеров Chrome, Fire Fox и Internet

Explorer. Выполнение последовательное, после прохождения теста в одном из браузеров выполняются отчистка данных и подготовка к следующему тесту. Проведен анализ поиска элементов, в зависимости от выбранного локатора, для различных браузеров.

В дальнейшем планируется объединить группу тест-кейсов с помощью серверов непрерывной интеграции, таких как Jenkins, CruiseControl, Bamboo, TeamCity, вместе с использованием Selenium Grid – кластер, включающий в себя несколько Selenium-серверов. Он позволяет организовать распределённую сеть, позволяющую параллельно запускать много браузеров на разных машинах.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Регрессионное* тестирование или Regression Testing [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.protesting.ru/testing/types/regression.html> (дата обращения: 07.03.2016).

2. *Что* такое Selenium WebDriver [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/152971/> (дата обращения: 07.03.2016).

3. *Grid*. Настройка и использование [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://kreisfahrer.gitbooks.io/selenium-webdriver/content/selenium_grid_i_headless_brauzeri/grid_nastroika_i_isrolzovanie.html (дата обращения: 07.03.2016).

МЕТОД ВЫДЕЛЕНИЯ НЕОДНОРОДНЫХ УЧАСТКОВ НА КОЛЬПОСКОПИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ

*Я.В. Костелей, студент каф. ЭМИС, инженер-программист,
Д.С. Жданов, вед. программист, к.т.н.*

*Научный руководитель А.В. Осипов, нач. отд. программирования
г. Томск, ТУСУР, ООО «Диагностика+», yana@diagnostic.tom.ru*

В настоящее время рак шейки матки в России занимает третье место по распространённости среди онкологических заболеваний органов репродуктивной системы [1]. Одним из методов ранней диагностики предраковых состояний шейки матки в настоящее время является кольпоскопия [2]. Изображения, получаемые в результате проведения данной процедуры, пригодны для осуществления их анализа, направленного на выявление патологических процессов на поверхности шейки матки.

Целью данной работы являются выбор и реализация методов предварительной обработки изображений поверхности шейки матки с целью устранения их артефактов (например, бликов, возникающих при освещении слизистой), а также выделения однородных участков, характеризующих изменения структуры исследуемой поверхности.

В результате проведения работ был сформирован следующий алгоритм поиска и обработки бликовых областей (участки изображения, характеризующиеся наибольшим значением яркости) на исследуемых изображениях. На первоначальном этапе осуществляется переход из цветовой модели RGB в HSV, а затем производится поиск бликовых сегментов по заданным параметрам цветовой модели. Такие области можно описать как зоны, в которых значения пикселей имеют насыщенность до 15% и яркость не ниже 77%. В результате строится бинарная маска, содержащая области бликов (рис. 1). Стоит отметить, что данная карта изображения будет содержать много «рваных» зон и областей с небольшим удельным весом. Чтобы устранить данную проблему, можно предварительно произвести размытие изображения с помощью фильтра Гаусса. Фильтр Гаусса – это один из наиболее часто применяемых фильтров матриц свертки, элементы ядра которого формируются с помощью Гауссовой функции (1). Сила размытия зависит от размера ядра свертки и величины σ (радиус). Для корректного формирования ядра необходимо использовать правило трех сигм:

$$f(x,y,\sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

где x, y – координаты элемента матрицы свертки; σ – радиус фильтра Гаусса.

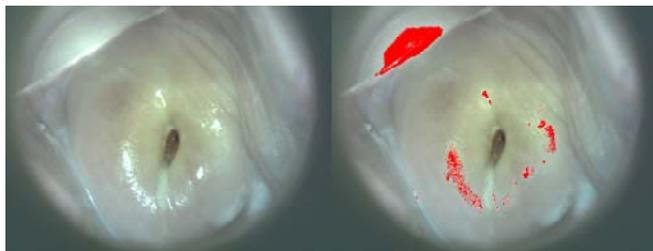


Рис. 1. Результаты цветовой сегментаций с параметрами $S \in [0; 0,12]$, $V \in [0,77; 1]$ для выделения бликовых областей

Описанную выше методику можно использовать не только для выделения бликов, но и для определения областей, содержащих возможные патологии. Например, зоны, пораженные эрозией, будут красного цвета, а после обработки эпителия уксусной кислотой (или йодом) ацетобелый (уксуснобелый) эпителий не окрасится в оранжевый цвет, а приобретет белый оттенок. Для областей, пригодных для анализа, необходимо произвести дополнительную обработку бинарной маски, полученной с помощью цветовой сегментации. Совокупность

операций математической морфологии позволит удалить ненужные мелкие элементы, сделать контур фигур более гладким, устранить «дыры», создать контур фигур для маркерного выделения объектов.

Для выделения связных компонент использован модифицированный двухпроходный алгоритм последовательного сканирования для восьмисвязных элементов. В отличие от стандартного метода последовательного сканирования в данном подходе каждая строка матрицы сканируется в течение двух проходов – прямого и обратного. В прямом проходе происходит заполнение локальной таблицы эквивалентностей, а на обратной итерации производится замена эквивалентных значений меток в соответствии с таблицей эквивалентностей. Данная модификация позволяет сократить количество скан-проходов, что значительно увеличивает скорость обработки. В результате выполненных операций получается маска пронумерованных связных областей, которая позволит анализировать области в алгоритмах распознавания образов.

Для улучшения анализа изображения врачом можно использовать выравнивание (эквализацию) гистограммы для нормализации уровней яркостей, нерезкое маскирование для повышения резкости и медианный фильтр для удаления небольшого шума.

На рис. 2 изображен результат применения описанных в данной работе алгоритмов. Применение эквализации гистограммы позволило увеличить контраст на областях эрозии и преобразовать значение цветового тона к более близкому модельному значению. Размытие фильтром Гаусса с радиусом 2 сгладило уровни яркостей на границах однородных областей. С помощью цветовой сегментации по параметру $H \in [0; 22^\circ]$ выделены области красного оттенка.



Рис. 2. Изображение с применением фильтра Гаусса с радиусом 2, цветовой сегментации с параметрами $H \in [0; 22^\circ]$, эрозии и наращивания

Применение эрозии бинарной маски с элементом диаметра 3 удалило элементы с низким удельным весом, а последовательное наращивание с элементами диаметра 3,5 и 7 совершило замыкание потенци-

ально связанных областей. Далее произведен поиск связанных областей модифицированным двухпроходным алгоритмом последовательного сканирования. Применение на бинарной маске операции выделения границ математической морфологии позволило произвести маркерное выделение областей путем наложения бинарной маски на исходное изображение.

Описанные в данной статье методы реализованы в компьютерном приложении на языке C#.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Свирская С.В., Егорова А.Т.* Современное состояние проблемы заболеваемости и инвалидности у женщин, больных раком шейки матки // Сибирское медицинское обозрение. 2011. №3.

2. *Роговская С.И., Подзолкова Н.М., Минкина Г.Н. и др.* Новое в кольпоскопии // Гинекология. 2011. Т. 13, №6. С. 20–24.

ПОСТРОЕНИЕ ТРЕНДОВОЙ МОДЕЛИ ФИНАНСОВЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ НА ОСНОВЕ КУСОЧНО-ЛИНЕЙНОЙ АППРОКСИМАЦИИ

Я.В. Костелей, студент каф. ЭМИС

Научный руководитель И.Г. Боровской, проф., д.ф.-м.н.

г. Томск, ТУСУР, yaninabaler@mail.ru

Задача прогнозирования характеристик сложных динамических систем, таких как финансовые временные ряды, является трудно формализуемой. Механизм формирования биржевой цены заранее не известен, но имеется история изменения временного ряда. Существует множество математических моделей и методов, используемых для анализа и составления прогноза поведения финансового рынка по его истории, но вопрос нахождения математического и алгоритмического аппарата, успешно решающего задачу экстраполяции финансового ряда, остается до сих пор открытым. В данной работе предлагается провести оценку применения кусочно-линейной аппроксимации для определения тенденции изменения финансового рынка.

Одна из основных задач изучения динамических рядов – выявить основную тенденцию в изменении уровней ряда, именуемую трендом, на основании которого можно экстраполировать развитие явления в будущем. Для определения трендовых линий финансового ряда предлагается проводить линейную аппроксимацию методом наименьших квадратов путем последовательного прохода всех точек ряда и составления системы аналитических функций, для которых сумма квадратов отклонений от практических значений не превышает заданный параметр (рис. 1).

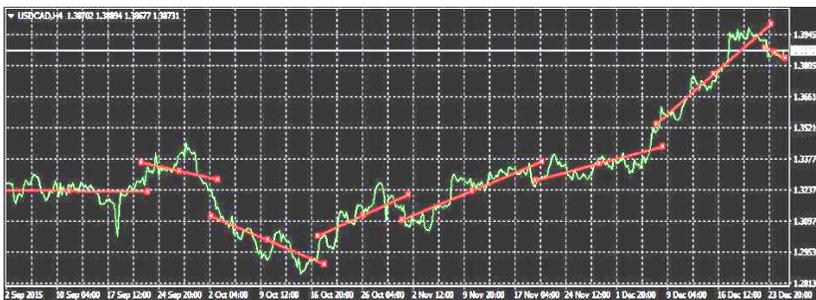


Рис. 1. Результат МНК

Последующим шагом организуется сглаживание модели путем переноса граничных точек соседних трендов в точку пересечения диагоналей трапеции, полученной путем опускания перпендикуляров к временной оси на соседний тренд (рис. 2).



Рис. 2. Результат «сглаживания» модели

Для получения базового тренда, который позволит указывать тенденцию роста или спада на более длинном интервале, часть последовательно идущих трендов, заданных одним направлением, объединяется в один общий тренд (рис. 3).



Рис. 3. Результат «сглаживания» модели

Полученная модель может быть использована для анализа применения «трейдерских паттернов» в качестве инструмента для прогнозирования точек разворота тренда финансового рынка.

В моменты консолидации рынка, которые происходят внутри долговременных трендов, важной информацией для составления прогноза является предположение о том, в каком направлении рынок продолжит свое движение. В трейдерской практике предполагается, что существует два типа фигур (моделей), позволяющих определить, в каком направлении произойдет движение тренда. Первый тип называется фигурами продолжения тренда – эти фигуры предполагают, что тренд не изменит свое направление. Второй тип фигур, которые предполагают изменение движения тренда в противоположном направлении, называются фигурами разворота. В качестве базовых моделей можно привести треугольник, флаг и выпелл. Треугольники, флаги и выпеллы – это узкие и краткосрочные фазы консолидации цен внутри долговременных трендов, предполагающие гипотезу о паузах в сильном тренде. Если значение тренда пересекает границу фигуры флага или выпелла в направлении, которое соответствует данной фигуре – тренд продолжает свое движение по закономерностям паттерна. Если же цена пересекает границу флага или выпелла в направлении, которое противоположно ожидаемому, то можно предположить то, что в данной точке наблюдается разворот существующей тенденции.

Использование гармоничных моделей основывается на том, что повторяющиеся фигуры на графиках финансового ряда позволяют уверенно предположить дальнейшую тенденцию рынка. В отличие от базовых моделей, описанных выше, гармоничные паттерны позволяют спрогнозировать длину движения тренда в зависимости от длин формообразующих элементов паттерна. Предполагается, что данные длины подчиняются закономерностям в соотношении друг с другом. Основные паттерны данного типа: «5-0», «летучая мышь», «бабочка», «три движения» («три индейца»), «краб», «бабочка Гартли» и « $AB=CD$ ».

На данном этапе работы реализован описанный алгоритм построения трендовой модели на базе торговой платформы MethodTrader. В дальнейшем планируется произвести оценку прогностических свойств полученной трендовой модели и использования «трейдерских паттернов» для разных финансовых рынков, торговых периодов и промежутках исследования.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДВУХ ЧАСТНЫХ КОНКУРИРУЮЩИХ ФИРМ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОДАЖАМИ

Е.В. Мыльникова, студентка каф. ЭМИС

*Научный руководитель С.И. Колесникова, проф. каф. ЭМИС, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, ievghienia.mylnikova@mail.ru*

Множество экономических явлений и процессов могут быть описаны в виде нелинейных систем дифференциальных уравнений или систем разностных уравнений [1].

В данной работе осуществляется моделирование процессов конкуренции двух частных фирм на неоднородном рынке, создающем условия для несовершенной конкуренции.

Рассматривается модель совместной деятельности двух частных конкурирующих фирм в виде системы разностных уравнений второго порядка:

$$\begin{aligned}x_{k+1} &= x_k (\alpha C_0 - \mu \beta_x x_k y_k), \\y_{k+1} &= x_k (\alpha C_0 - \mu \beta_y x_k y_k) + u_k,\end{aligned}\tag{1}$$

где x_{k+1} – ожидаемый объем очередной продажи; y_{k+1} – ожидаемый объем продажи у конкурирующей фирмы; α и μ – коэффициенты, характеризующие степень влияния различных факторов на изменения объема продаж для двух фирм; C_0 – доход среднего покупателя; β_x, β_y – цены товара двух фирм соответственно (рис. 1).

В работе [2] исследуются области устойчивости модели (1), определяемые через соблюдение следующего условия: $\beta_x \leq (4/3)\beta_y$. Однако, при несоблюдении этого условия устойчивости фазовые траектории объекта (1) демонстрируют явления детерминированного хаоса. Исходя из этого, ставится задача управления объектом, выводящего его из нежелательного состояния в окрестность заданного многообразия (множества желательных состояний).

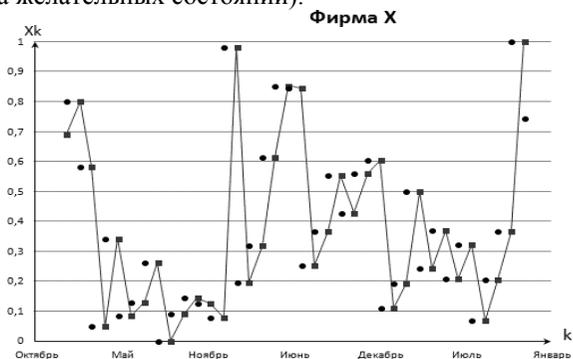


Рис. 1 (начало)

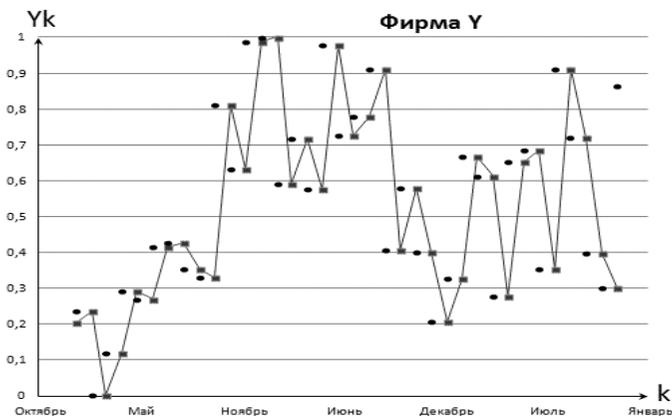


Рис. 1 (окончание). Ожидаемые и проданный объем продукции.
Исходные данные: $\alpha = 3,5 \times 10^{-5}$, $\mu = 2,5 \times 10^{-8}$, $C_0 = 32600$ руб.

Система управления будет представлена в виде

$$\begin{aligned}
 x_{k+1} &= x_k (\alpha C_0 - \mu \beta_x x_k y_k), \\
 y_{k+1} &= x_k (\alpha C_0 - \mu \beta_y x_k y_k) + u_k, \\
 u_k &= -\frac{1}{\rho} (x_k (\alpha C_0 - \mu \beta_x x_k y_k)) - y_k (\alpha C_0 - \mu \beta_y x_k y_k) - \frac{1}{\rho} \omega \psi_k,
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

где ψ_k – целевое многообразие, здесь заданное в виде целевой балансовой модели: $\psi_k = x_k - 12\rho \times y_k$; $|\omega| < 1$ – параметр управления; ρ – коэффициент пропорциональности (рис. 2).



Рис. 2 (начало)



Рис. 2 (окончание). Построение модели с управлением; обозначения траекторий: x_k – сплошное начертание, y_k – пунктирное начертание

В статье представлен алгоритм нахождения управления u и исследуется качество сконструированной системы управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Занг В.Б. Синергетическая экономика. Время и перемены в нелинейной экономической теории: пер. с англ. М.: Мир, 1999. 335 с.
2. Колесников А.А. Синергетика и проблемы теории управления. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. 504 с.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ПЛАНИРОВАНИЯ ДЛЯ КЛАСТЕРНЫХ СИСТЕМ НА СЕТЯХ ПЕТРИ

П.В. Сагайдачная, аспирант каф. АИВС

*Научный руководитель В.В. Крушной, доцент каф. АИВС, к.т.н.
г. Снежинск, СФТИ НИЯУ МИФИ, PVSagaidachnaya@mail.ru*

В каждой из кластерных систем с пакетным режимом расчета задач важное значение имеет алгоритм планирования. Планировщик определяет последовательность, т.е. время запуска каждой задачи и ресурсы, на которых будет производиться расчет задачи. 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.

Имитационная модель, представленная сетью Петри, поясняет функционирование сети для оценки эффективности алгоритмов планирования FIFO и выборки по приоритетам для кластерных систем.

Вариант размещения очереди задач по FIFO (First In, First Out – «первым пришёл – первым ушёл»). Это выражение описывает принцип технической обработки очереди или обслуживания конфликтных требований путём упорядочения процесса по принципу: «первым пришёл – первым обслужен».

Вариант размещения очереди задач по приоритетам. Это выражение описывает принцип технической обработки очереди или обслуживания конфликтных требований путём упорядочения процесса по принципу: «У кого наивысший приоритет, тот и обслуживается первым».

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) и приоритет на обслуживание (prio). Позициями в сети являются конечные непустые множества вершин. Переходами в сети будут условия, по которым будет дано разрешение, перейти в следующую позицию: переходы $S = \{S_i\}$ дают разрешение перейти из позиции отсортированной 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 $C = \{C_i\}$ возвращают фишки (задачи) в позиции обработки задач $N = \{N_i\}$, пока не сработает условие $j = 0$, при каждом возвращении в позицию N_i фишка также уходит в позицию $T = \{T_i\}$,

где $i = 1, \dots, n$. Эта позиция копит фишки, пока не обработаются все задачи. Количество накопившихся фишек показывает, сколько единиц времени проработал узел. Последний набор переходов $E = \{E_i\}$ дает разрешение перейти из позиции $T = \{T_i\}$ 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.

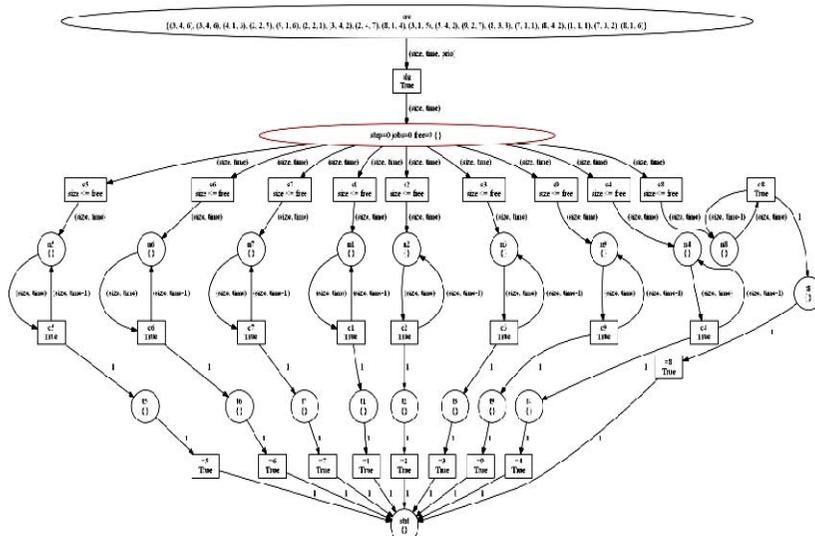


Рис. 1. Сеть Петри для вариантов планирования очереди задач на FIFO и выборки по приоритетам

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

	FIFO	Выборка по приоритетам
Общее время обработки всех задач (T)	25 условных единиц	28 условных единиц
Количество простаивающих ресурсов, т.е. узлов ($idle_nodes$) = 42	22	49
Время ожидания задачами запуска (job_wait)	169 условных единиц	212 условных единиц

ЛИТЕРАТУРА

1. Крушный В.В. Сети Петри при управлении параллельными взаимодействиями процессами. Saarbrücken: LAMBERT Academic Publishing, 2013. 217 с.
2. Крушный 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. Харин Ю.С., Малюгин В.И., Кирлица В.П. и др. Основы имитационного и статистического моделирования. Мн: Дизайн ПРО, 1997. 288 с.
6. Ивницкий В.Л. Теория сетей массового обслуживания. М.: Физматлит, 2004. 772 с.
7. Матвеев В.Ф., Ушаков В.Г. Системы массового обслуживания. М.: Изд-во МГУ, 1984.
8. Кудрявцев Е.М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем. М.: ДМК-Пресс, 2004. 320 с.

ФОРМИРОВАНИЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

А.С. Сеидова, магистрант каф. ОСУ

Научный руководитель О.В. Марухина, доцент каф. ОСУ, к.т.н.

г. Томск, НИ ТПУ, ayse14421@mail.ru

В начале восьмидесятых годов прошлого века в исследованиях по искусственному интеллекту сформировалось самостоятельное направление, получившее название «Экспертные системы» (ЭС).

Современные ЭС представляют собой компьютерные программы, которые могут проводить анализ на основе определённых исходных данных и способные заменять специалистов узкого профиля в проблемных ситуациях.

Сами системы рассматриваются как модели поведения экспертов и, как и эксперты-люди, в своей работе используют знания. Только для ЭС «знания» представлены в виде баз знаний (формализованных совокупностей фактов и правил логического вывода в определённых областях), которые можно изменять и дополнять.

Использование современных информационных технологий становится критическим фактором развития большинства отраслей знания и областей практической деятельности, поэтому разработка и внедрение информационных систем являются одной из самых актуальных задач.

В медицинских учреждениях большинство персональных компьютеров применяется лишь для обработки текстовой документации, хранения и обработки баз данных, ведения статистики и выполнения финансовых расчетов. Отдельная, специализированная часть машин используется совместно с различными диагностическими и лечебными приборами.

Во многих лечебно-диагностических технологиях возможности современных компьютеров используются не в полную мощность. Прежде всего, сюда входит диагностика, автоматизированная поддержка принятия решений о назначении лечебных мероприятий, прогнозирование течения заболеваний и их исходов [1].

Система WizWhy. Выбор метода часто зависит от типа имеющихся данных и от того, какую информацию необходимо получить. Система WizWhy предприятия WizSoft [2] является программным средством анализа данных, поиска логических правил в данных. Данная система на сегодняшний день является одним из лидеров на рынке продуктов Data Mining. Применение методов Data Mining в решении медицинских задач диагностики и прогнозирования хода заболевания дает дополнительные широкие возможности для исследователя.

Использование пакета WizWhy позволяет выявить скрытые закономерности в многомерном массиве значений медицинских показателей, зафиксированных в течение периода наблюдения пациента (до лечения и после него), на основе чего формируется база знаний о выборе траектории лечения. Система формирует правила характеризующие показатели пациентов до лечения к Индексу массы тела после лечения. Эти правила позволяют понять, на каких пациентов и с какими признаками лечение подействовало эффективнее.

Цель статьи – осветить один из аспектов решения прикладной задачи медицинского исследования (для Томского НИИ курортологии и

физиотерапии) – построение базы знаний (решающих правил на основе пакета WizWhy) на основе предоставленного многомерного массива медицинских показателей (пациенты – дети, страдающие разной формой ожирения).

Алгоритмы ограниченного перебора были предложены в середине 60-х гг. М.М. Бонгардом для поиска логических закономерностей в данных [3]. Эти алгоритмы вычисляют частоты комбинаций простых логических событий в подгруппах данных. На основании анализа вычисленных частот делается заключение о полезности той или иной комбинации для установления ассоциации в данных, для классификации, прогнозирования и пр. Данный метод реализован в системе поиска скрытых закономерностей WizWhy компании WizSoft. Эта система интересна тем, что ее разработчики утверждают, что она способна обнаружить все «если...то...» – правила в данных. Это подтверждение подкрепляется сообщением о весьма большом количестве структур, использующих WizWhy. Поиск логических правил осуществляется в системе WizWhy, реализующей ограниченный перебор, исключаящий из анализа логические события с низкой частотой [4].

Алгоритм ограниченного перебора позволяет выявить логические правила, на основании которых:

- ещё на стадии диагностики клинико-лабораторных показателей можно установить эффективность проведения данного лечения;
- определить информативные клинико-лабораторные показатели.

Для пояснения полученных в результате исследования правил наиболее подробно рассмотрим правило № 5:

If IgM do is 0,80 ... 2,10 (average = 1,43)

and Lizocim do is 36,00

Then

IMT p-do is not more than –1,08

Rule's probability: 0,909

The rule exists in 10 records.

Significance Level: Error probability < 0,01

Это правило представляет собой конъюнкцию двух высказываний:

If IgM do is 0,80 ... 2,10 (average = 1,43) – если концентрация иммуноглобулина М до лечения от 0,80 до 2,10, и Lizocim do is 36,00 активность лизоцима в сыворотке крови до лечения равняется 36, то IMT p-do индекс массы тела в результате проведенного лечения уменьшается более чем на 1,08.

Запись Rule's probability: 0,909 означает точность правила в данном случае, равную 0,909. Следующая запись The rule exists in 10 records характеризует множество объектов, для которых справедливо

рассматриваемое правило, а запись Significance Level: Error probability $< 0,01$ касается статистической оценки уровня значимости.

Заключение. Результаты данного исследования (построенные решающие правила) представили практический интерес для специалистов-исследователей НИИ курортологии и физиотерапии г. Томска. В ходе дальнейшей совместной работы планируется внедрение предложенного подхода в процесс диагностики пациентов как дополнительный эффективный инструмент. Проектируемая экспертная система будет позволять не просто выявлять закономерности, но способствовать повышению качества лечения пациентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Медицинские экспертные системы* [Электронный ресурс] // Компьютерные вести. Акавита. М.: Компьютерные вести, 1997–2015. Режим доступа: <http://www.kv.by>, свободный.

2. *Жариков О.Г.* Экспертные системы в медицине / О.Г. Жариков, А.А. Литвин, В.А. Ковалёв // Медицинские новости. 2008. № 10. С. 15–18.

3. *WizWhy* [Электронный ресурс]. [Tel-Aviv]: Wizsoft. 2013. Режим доступа: <http://www.wizsoft.com>, свободный.

4. *Старикова А.В., Берестнева О.Г., Шевелев Г.Е., Шаропин К.А. и др.* Создание подсистемы принятия решений в медицинских информационных системах // Изв. Том. политех. ун-та. 2010. Т. 317, № 5. С. 194–197.

ПРОГРАММНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАСЧЕТОВ НОРМАТИВНЫХ ЗАТРАТ ПО ОКАЗАНИЮ УСЛУГ

И.О. Серебренникова, студентка каф. ЭМИС

*Научный руководитель Н.В. Зариковская, доцент каф. ЭМИС, к.ф.-м.н.
г. Томск, ТУСУР, nata.chepko@gmail.com*

Автоматизация рутинной работы и работы с громоздкими вычислениями, в частности в экономике и финансах, на данный момент является весьма актуальной задачей. Одной из таких типичных задач является расчет нормативных затрат на оказание услуг, где необходимо проводить расчеты с учетом затрат на содержание имущества, затрат на уплату налогов, показателей инфляции, а также ежегодно их корректировать с учетом вышеуказанных параметров. Поэтому необходимо разработать программное приложение, которое уменьшит количество ошибок, происходящих в результате расчетов в «ручном режиме».

На основе методик и требований была разработана структурная схема программы, представленная на рис. 1.

В основе реализации программы лежат расчеты для учреждений, подведомственных Департаменту по молодежной политике, физической культуре и спорту Томской области.

На основании представленной структуры были разработаны программные модули ввода данных, расчета нормативных затрат на оказание услуг и расчета размера субсидии, модуль вывода данных.

Модуль ввода данных отвечает непосредственно за ввод данных и их корректность. Ввод осуществляется по категориям: коммунальные расходы, расходы на имущество и расходы, связанные с оказанием услуг. У каждой категории расходов свое окно ввода.

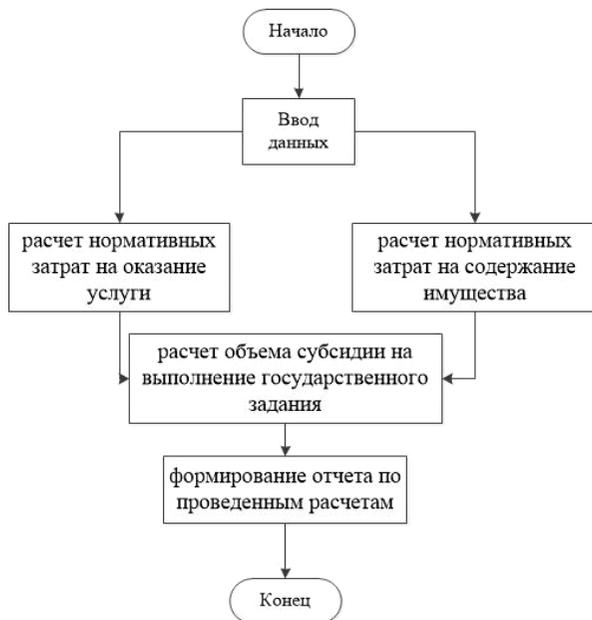


Рис. 1. Структурная схема программы

На этапе ввода данных необходимо учитывать, что вводятся только положительные числа с точностью ввода до сотых. Также учитывается только десятичная точка, а не запятая. Чтобы в дальнейшем не возникло ошибки при расчетах, данные проверяются на этапе ввода, и если обнаружена ошибка, перехода к вводу других данных не происходит.

Модуль расчета нормативных затрат на оказание услуг и размера субсидии проводит расчеты по существующей методике, описанной в

соответствии с Постановлением администрации Томской области от 26.10.2010 № 209а [1].

Расчет нормативных затрат на оказание государственных услуг в рамках государственного задания происходит в два этапа.

Первый этап содержит расчеты нормативных затрат на оказание государственной услуги. В эти нормативы входят:

- оплата труда с начислениями на выплаты по оплате труда основного персонала;
- оплата труда с начислениями на выплаты по оплате труда вспомогательного персонала;
- приобретение материальных запасов;
- обеспечение питанием;
- обеспечение мягким инвентарем.

Во втором этапе, исходя из полученных нормативных затрат, рассчитываются затраты на оказание единицы государственной услуги. Они состоят из нормативных затрат, непосредственно связанных с оказанием государственной услуги (рассчитаны на первом этапе) и затрат на общехозяйственные нужды.

В нормативные затраты на общехозяйственные нужды входят:

- коммунальные услуги;
- услуги связи;
- транспортные расходы;
- услуги в части оплаты труда с начислениями на выплаты по оплате труда административно-управленческого персонала;
- услуги в части оплаты труда с начислениями на выплаты по оплате труда обслуживающего персонала;
- прочие общехозяйственные расходы.

Объем субсидии на выполнение государственного задания на оказание государственных услуг рассчитывается в отчетном году и плановом периоде. Для расчетов в плановом периоде используются дополнительные данные, такие как показатель инфляции в очередном финансовом году.

По результатам расчетов получается перечень документов, содержащий исходные данные, результаты первого этапа промежуточных расчетов нормативных затрат на оказание единицы государственных услуг, результаты второго этапа промежуточных расчетов нормативных затрат на оказание единицы государственных услуг, а также итоговый расчет объема субсидии на выполнение государственного задания на оказание государственных услуг в отчетном году и плановом периоде. Поэтому завершающим этапом является вывод документов в формы, совместимые с формами MS Excel для представления их в отчетах. Это происходит в модуле вывода данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Постановление* администрации Томской области от 26.10.2010 № 209а «О порядке формирования государственного задания в отношении областных государственных учреждений и финансового обеспечения выполнения государственного задания» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://base.consultant.ru/regbase/cgi/online.cgi?req=doc;base=RLAW091;n=63789>; (дата обращения: 05.03.2016).

СИНТЕЗ И НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ОБОБЩЕННОГО АЛГОРИТМА ГРАММА–ШМИДТА

В.В. Шатравин, студент каф. ЭСАУ

г. Томск, ТУСУР, vladiksat@list.ru

Научный руководитель А.А. Светлаков, проф. каф. ЭСАУ, д.т.н.

В исследовательской и практической деятельности достаточно часто появляется необходимость построения математических моделей различных процессов, явлений и объектов. Данная задача решается аппроксимацией соответствующих вещественных функций. Сущность аппроксимации заключается в замене некоторой исходной функции $y = f(t)$, заданной на некотором интервале $I = [a, b]$, где a и b – вещественные числа такие, что $a < b$, на достаточно близкую к ней аппроксимирующую функцию $\hat{y} = \hat{f}(t)$, имеющую более удобную для дальнейшего исследования и адекватную поставленной задаче форму. При этом понятия близости функции и удобства использования определяются исследователем самостоятельно с учетом специфики решаемой прикладной задачи. Адекватность может определяться принадлежностью аппроксимирующей функции определенному семейству функций, заданному условиями задачи. Как известно [1], процесс поиска аппроксимирующей функции можно значительно упростить, используя систему ортонормированных функций вида

$$S_0 = \{\varphi_i(t) : t \in [a, b], i = \overline{1, n}\}, \quad (1)$$

удовлетворяющих по определению следующим соотношениям:

$$\int_a^b \varphi_j(t) \cdot \varphi_k(t) \cdot w(t) dt = \begin{cases} 0, & j \neq k, \\ 1, & j = k, \end{cases} \quad j, k = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Здесь $w(t)$ – весовая функция (вес), удовлетворяющая условиям

$$\text{а) } w(t) \geq 0 \text{ и б) } \int_a^b w(t) dt = 1. \quad (3)$$

Целью данной работы является синтез и исследование алгоритма построения таких систем функций, являющегося обобщением известного алгоритма Грамма–Шмидта [2]. При этом в качестве исходной системы S_n , на основе которой синтезируется система S_0 , используется система функций S_n , описываемая соотношением вида

$$S_n = \{s_i(t) : t \in [a, b], i = \overline{1, n}\}, \quad (4)$$

функции вида $s_i(t)$ которой являются линейно независимыми, т.е. такими, что ни одну из них нельзя представить как некоторую линейную комбинацию остальных ее функций. Построение ортонормированных с весом $w(t)$ функций $\varphi_i(t)$ осуществляется в соответствии со следующим предлагаемым нами алгоритмом, обобщающим хорошо известный алгоритм Грамма–Шмидта построения ортонормированных систем функций:

1. Ставим в соответствие функции $s_1(t)$ функцию

$$\varphi_1(t) = \frac{1}{\left(\int_a^b s_1^2(t) \cdot w(t) dt\right)^{0,5}} = \frac{1}{(b-a)^{0,5}}. \quad (5)$$

Непосредственной проверкой нетрудно убедиться в том, что её квадратичная норма $\|\varphi_1\|$, определяемая равенством

$$\|\varphi_1\| = \varphi_1(t) = \left(\int_a^b s_1^2(t) \cdot w(t) dt\right)^{0,5}, \quad (6)$$

равна 1 и, таким образом, она является нормированной.

2. Для синтеза функции $\varphi_2(t)$ введем вспомогательную функцию $v_2(t)$, задав её равенством

$$v_2(t) = s_2(t) - \gamma_{21} \varphi_1(t), \quad (7)$$

где γ_{21} – некоторый неизвестный коэффициент. Выберем его значение так, чтобы выполнялось соотношение

$$\int_a^b v_2(t) \cdot \varphi_1(t) \cdot w(t) dt = \int_a^b (s_2(t) - \gamma_{21} \cdot \varphi_1(t)) \cdot w(t) dt = 0, \quad (8)$$

являющееся условием ортогональности функций $v_2(t)$ и $\varphi_1(t)$ с весом $w(t)$ и уравнением относительно коэффициента γ_{21} . Вычисляя интеграл в левой части (8), получаем линейное уравнение, решением которого является коэффициент γ_{21} , определяемый равенством

$$\gamma_{21} = \int_a^b (s_2(t) \cdot w(t) dt). \quad (9)$$

Подставив его в (7), получаем искомую функцию $v_2(t)$, ортогональную с весом $w(t)$ функции $\varphi_1(t)$. Вычисляем норму $\|v_2(t)\|$ в соответствии с равенством вида (6) и задаем функцию $\varphi_2(t)$ согласно равенству

$$\varphi_2(t) = v_2(t) / \|v_2(t)\|. \quad (10)$$

3. Если $n = 2$, то на этом процесс построения функций $\varphi_i(t)$ заканчиваем. Если же $n > 2$, то процесс построения функций $\varphi_i(t)$, $i = \overline{3, n}$ продолжаем, синтезируя данные функции последовательно в соответствии со следующим рекуррентным алгоритмом.

4. Воспользовавшись методом математической индукции и предполагая при этом, что k функций $\varphi_i(t)$, полученных излагаемым методом, уже построены, ($i = \overline{1, k}$). Вводим вспомогательную функцию $v_{k+1}(t)$, задавая её равенством вида

$$v_{k+1}(t) = s_{k+1}(t) - \sum_{i=1}^k \gamma_{k+1,i} \cdot \varphi_i(t), \quad (11)$$

где $\varphi_i(t)$, $i = \overline{1, k}$ – ортонормированные с весом $w(t)$ функции, построенные на предыдущих k шагах согласно данному алгоритму, а $\gamma_{k+1,i}$ – неизвестные коэффициенты. Выберем их значение так, чтобы функция $v_{k+1}(t)$ оказалась ортогональной с весом $w(t)$ каждой из имеющихся функций $\varphi_i(t)$, $i = \overline{1, k}$.

5. Для получения численных значений коэффициентов $\gamma_{k+1,i}$, $i = \overline{1, k}$, умножим последовательно обе части равенства (11) на функции $\varphi_i(t)$ и проинтегрируем их с весом $w(t)$ по интервалу $[a, b]$. Так как функции $\varphi_i(t)$, $i = \overline{1, k}$ являются ортонормированными, то полученная при этом система уравнений оказывается простейшей, а её решением являются коэффициенты $\gamma_{k+1,i}$, определяемые равенствами

$$\gamma_{k+1,i} = \int_a^b (s_{k+1}(t) \cdot w(t) \cdot \varphi_i(t)) dt, \quad i = \overline{1, k} \quad (12)$$

и вполне однозначно определяющие функцию $v_{k+1}(t)$, ортогональную функциям $\varphi_i(t)$, $i = \overline{1, k}$.

6. Нормируем построенную функцию $v_{k+1}(t)$ в соответствии с равенством

$$\varphi_{k+1}(t) = v_{k+1}(t) / \|v_{k+1}(t)\|, \quad (13)$$

которая оказывается нормированной и ортогональной всем функциям $\varphi_i(t)$, $i = \overline{1, k}$. Если $k + 1 = n$, то на этом процесс построения ортонормированного базиса заканчиваем. В противном случае, применяя данный

алгоритм, строим функции $\varphi_{k+2}(t)$, $\varphi_{k+3}(t)$, ..., $\varphi_n(t)$ и получаем систем n ортонормированных функций S_0 .

Таким образом, обобщенный алгоритм Грамма–Шмидта нами синтезирован, и сделано это для достаточно общих предположений относительно интервала $[a, b]$ исходной системы S_n , заданных функций $s_1(t)$, $s_2(t)$, ..., $s_n(t)$ и их числа n . Следовательно, он является достаточно универсальным и пригодным для решения весьма широкого круга прикладных задач, связанных с аппроксимацией функций одной вещественной переменной. Еще одним важным достоинством синтезированного алгоритма является его рекуррентность, обеспечивающая его широкую доступность и простоту программной реализации на современных средствах вычислительной техники.

В настоящее время предлагаемый алгоритм нами реализован программно и проводятся его экспериментальные исследования. Результаты данных исследований обсуждаются в полном тексте статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц / Ф.Р. Гантмахер. 4-е изд. М.: Наука, 1988. 552 с.
2. Светлаков А.А. Традиционное и нетрадиционное оценивание неизвестных величин: в 2 ч. Ч. 1: Простейшие задачи оценивания неизвестных величин по результатам их экспериментальных измерений: учеб. пособие. Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2007. 550 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДИМОЙ ОБЛАСТИ РАДУЖКИ КЛАССИФИКАТОРОМ ЛОКАЛЬНЫХ ТЕКСТУРНЫХ ПРИЗНАКОВ

*И.А. Соломатин, студент ФУПМ МФТИ,
И.А. Матвеев, зав. сектором ФГБУН вычислительного центра
им. А.А. Дородницына РАН, д.т.н.
г. Москва, МФТИ, ivan.solomatin@phystech.edu*

Распознавание человека по изображению радужной оболочки – актуальная задача в биометрических системах. Помимо выделения радужки как кольцевой области, для повышения точности распознавания определяют области затенения (блики, веки, ресницы и т.д.). Задача выделения затенений радужки может быть поставлена как классификация пикселей кольцевой области на два класса: «радужка» и «затенение».

Поставим задачу более формально. На вход подаётся чёрно-белое изображение I , которое является прямоугольной матрицей $W \times H$ из целых беззнаковых однобайтовых чисел $I(i, j) \in [0; 255]$, задающих яр-

кость каждого пикселя изображения. Также на вход подаются координаты центров и радиусы двух окружностей, аппроксимирующих внешнюю и внутреннюю границу радужки (вычисленные, например, методами [1]).

Требуется выделить области затенения, т.е. области изображения, на которых представлена не радужка, а веко, ресница, блик и т.п. Строго говоря, нужно классифицировать все точки изображения, лежащие внутри кольца, аппроксимирующего радужку по двум классам – «радужка» и «затенение», т.е. получить бинарное изображение J :

$$J(i, j) \in \{0, 1\}; i \in [1; H]; j \in [1; W],$$

где $J(i, j) = 1 \Leftrightarrow$ точка $(i, j)^T$ классифицирована как затенение.

Для решения задачи в кольцевой области определяется сектор с минимальным коэффициентом эксцесса яркости, который, как правило, не содержит затенений. Далее строится классификатор на основе многомерного гауссиана, который обучается на выборке, которая задаётся по пикселям этого сектора. Ошибки классификации, часто имеющие шумовую природу (в виде малых изолированных групп неверно классифицированных пикселей), компенсируются при помощи морфологической постобработки и фильтрации областей по порогу яркости. Метод решения задачи похож на метод, используемый в [2], однако в [2] классификатор обучается на размеченных вручную изображениях, в то время как в данной статье метод является полностью автоматическим и строит новый классификатор для каждого изображения. Это повышает устойчивость метода и позволяет работать на радужках разной структуры, при разной освещённости и т.д.

Метод был реализован на языке C++ с использованием библиотеки OpenCV 2.4.10 [3]. Среднее время работы на одном изображении на процессоре AMD Opteron(TM) Processor 6272 с 8 ядрами и частотой 2100 МГц составляет 0,7 с. Пример отчёта, сгенерированного программой, приведён на рис. 1.

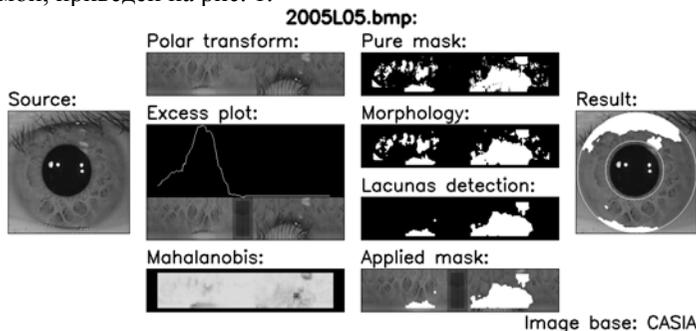
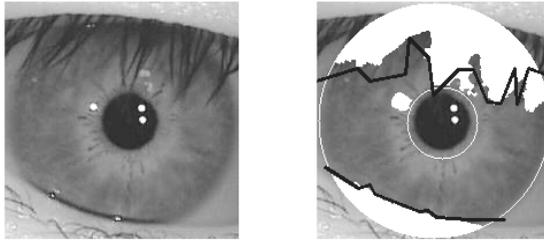


Рис. 1. Отчёт программы на изображении 2005L05.bmp из базы CASIA [4]



(а) Исходное изображение (б) Результат работы программы и ручная разметка

Рис. 2. Пример ручной разметки на изображении 2006R07.bmp из базы CASIA [4] (ручная разметка – чёрная ломаная линия)

Метод тестировался на размеченных вручную изображениях из базы CASIA [4]. В качестве функционала ошибки использовалась сумма относительных ошибок первого и второго рода. К сожалению, ручная разметка задаётся ломаной линией, поэтому она более грубая, чем бинарная маска. Также в экспертной разметке не учитываются блики. Это ведёт к тому, что полученная оценка ошибки алгоритма заведомо завышена. Это можно видеть, например, из рис. 2. На рис. 3 приведён график распределения функционала ошибки на изображениях из базы CASIA [4].

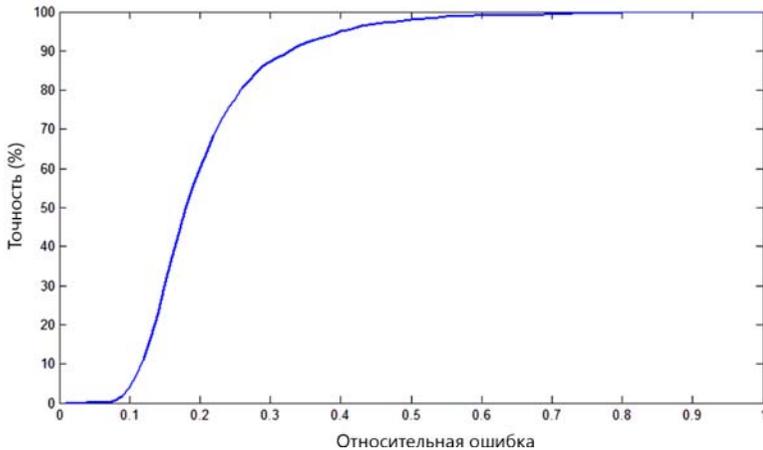


Рис. 3. Распределение функционала ошибки

Предложенный метод позволяет определять видимую область радужки с высокой точностью в автоматическом режиме, т.е. методу не требуется обучающая выборка. Метод выделяет на изображении не

только веки и ресницы, но и блики, а также применим для изображений с различной освещённостью и различной структурой радужки, т.к. строит новый классификатор для каждого изображения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ганькин К.А., Гнеушев А.Н., Матвеев И.А. Сегментация изображения радужки глаза, основанная на приближённых методах с последующими уточнениями // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2014. №2. С. 80–94.
2. Li Y., Savvides M. A pixel-wise, learning-based approach for occlusion estimation of iris images in polar domain // ICASSP. IEEE. 2009. P. 1357–1360.
3. *OpenCV* 2.4.10 [Электронный ресурс]. <http://opencv.org> (дата обращения: 14.10.2015).
4. *CASIA*. Chinese Academy of Sciences Institute of Automation. CASIA-IrisV3: CASIA-Iris-Lamp image database [Электронный ресурс] <http://www.cbsr.ia.ac.cn/IrisDatabase.htm> (дата обращения: 04.03.15).

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КАРТ ИЗОБАР МЕТОДОМ КРИГИНГА

И.А. Жданов, студент

*Научный руководитель Н.В. Зариковская, доцент каф. ЭМИС, к.ф.-м.н.
г. Томск, ТУСУР, zhdanovlegend@mail.ru*

Карта изобар – карта, показывающая распределение пластового динамического давления в разрабатываемой нефтяной залежи. Анализ карт изобар позволяет правильно ориентировать разработку залежи нефти путем ограничения и снижения отбора жидкости из участков пласта с наибольшей депрессией пластового давления. Сопоставление ряда карт, построенных для различных периодов эксплуатации залежи, позволяет находить зависимость между отбором жидкости из пласта и средневзвешенным пластовым давлением, знание которой помогает более рационально использовать пластовую энергию [1].

Целью работы является написание модуля на языке C# для построения карт изобар. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) выбор метода для построения карт;
- 2) реализация модуля для выбранного метода;
- 3) анализ полученных результатов.

Карты изобар состоят из изолиний – замкнутых кривых, представляющих границу, на которой давление одинаково (с определенной точностью). Пример карты изобар представлен на рис. 1.

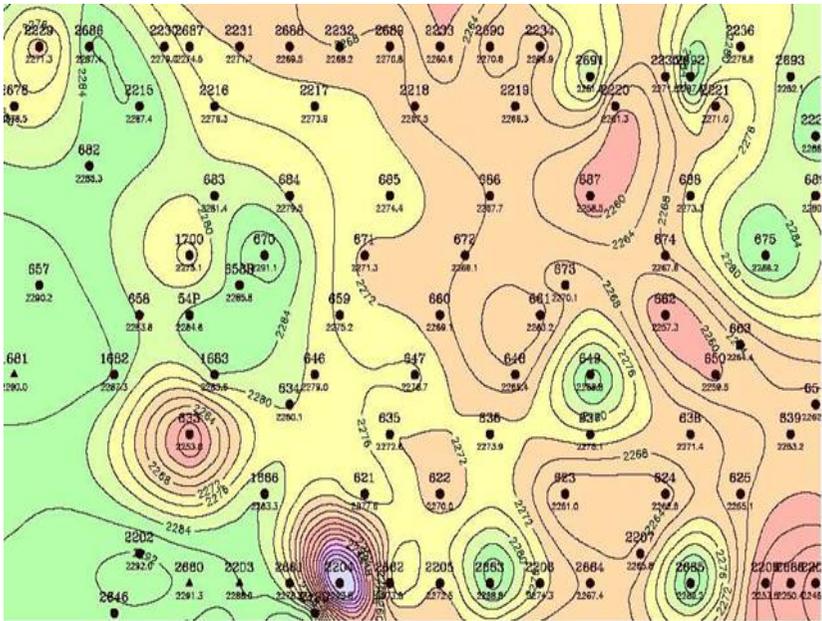


Рис. 1. Карта изобар

Для построения карт изобар используются различные численные методы, в большинстве случаев связанные с интерполяцией (либо аппроксимацией) входных данных. Входными данными для построения карт изобар являются скважины (точки со значениями X , Y – координатами местоположения скважины и значением Z – величиной давления в скважине), внешние линии (кривые, ограничивающие область для построения с известным одним значением давления во всех точках кривой) и линии разлома (кривые, ограничивающие влияние давления в точках друг на друга) [2].

Наиболее используемым методом для построения карт изобар является метод Кригинга [3]. Метод Кригинга состоит из двух этапов:

1. Преобразование входных данных в равномерную сетку.
2. Построение изолиний на основе данных этапа 1.

В процессе преобразования входных данных в равномерную сетку, во всей области известных данных, создается набор равномерно расположенных точек по заданному расстоянию. Для каждой из этих точек по заданному радиусу выбираются входные точки с известным давлением на расстоянии меньше радиуса от нее. Пример представлен на рис. 2.

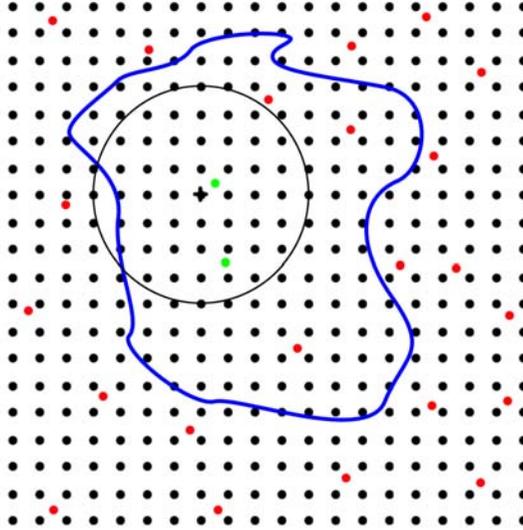


Рис. 2. Выбор точек для решения системы уравнений. Скважины (зеленые – на расстоянии меньше заданного, красные – все остальные), точки сетки (черные точки, текущая помечена крестом)

Для всех этих входных точек строится система линейных уравнений вида:

$$\begin{cases} r_{11}x_2 + r_{12}x_3 + r_{13}x_4 + \dots + r_{1n}x_n + \tilde{r}_1x_{n+1} = 1, \\ r_{21}x_2 + r_{23}x_3 + r_{24}x_4 + \dots + r_{2n}x_n + \tilde{r}_2x_{n+1} = 1, \\ r_{31}x_1 + r_{32}x_2 + r_{34}x_4 + \dots + r_{3n}x_n + \tilde{r}_3x_{n+1} = 1, \\ \vdots \\ r_{n0}x_1 + r_{n1}x_2 + r_{n2}x_3 + \dots + r_{nn}x_{n-1} + \tilde{r}_nx_{n+1} = 1, \\ x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n = 1, \end{cases}$$

где r_{ij} – расстояние от i -й до j -й точки (из точек на расстоянии меньше заданного от текущей точки сетки), n – количество точек на расстоянии меньше заданного от текущей точки сетки, \tilde{r}_k – расстояние от k -й точки до текущей точки сетки.

Результатом решения этой системы являются весовые коэффициенты, сумма которых равна единице. Значением давления для текущей точки равномерной сетки будет являться результат вычисления суммы:

$$\tilde{P} = \sum_{i=1}^n x_i P_i,$$

где P_i – значение давления в i -й точке на расстоянии меньше заданного от текущей точки сетки, \tilde{P} – давление в текущей точке сетки [4].

В ходе работы был написан модуль на языке C#, реализующий описанный выше алгоритм, а также приложение с графическим интерфейсом для демонстрации результатов работы алгоритма. На основе результатов работы модуля было определено, что метод Кригинга обладает высокой точностью результатов (зависящей от заданных шага сетки и радиуса выбора точек).

ЛИТЕРАТУРА

1. Большая энциклопедия нефти и газа [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ngpedia.ru/cgi-bin/getpage.exe?cn=444&uid=0,286005864851177&inte=6> (дата обращения: 05.03.2016).

2. *Хелпикс.Орг* – интернет-помощник [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://helpiks.org/5-77558.html> (дата обращения: 05.03.2016).

3. *Байков В., Бакиров Н., Яковлев А.* Математическая геология. Т. 1. Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2012. 227 с.

4. *University of Alberta* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ualberta.ca/~haitao2/RenR501/ch11.kriging.ppt> (дата обращения: 06.03.2016)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ УГЛОВ МЕХАНИЗМА РАСКРЫТИЯ СПИЦ ОТ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МАЧТЫ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ МЕХАНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ РЕФЛЕКТОРОВ АНТЕНН БОЛЬШИХ ДИАМЕТРОВ

К.К. Звонцова, студентка каф. ИКСУ

*Научный руководитель А.М. Малышенко, проф. каф. ИКСУ, д.т.н.
г. Томск, НИ ТПУ, k.zvontsova@mail.ru*

Создание космических аппаратов является сложнейшим делом, производимым человеком, одной из важных проблем создания которых является возможность производить их испытания в наземных условиях в искусственно созданных условиях, имитирующих невесомость. Для решения этой проблемы создаются специальные стенды с применением активных, активно-пассивных и пассивных методов обезвешивания. Существует целый ряд систем имитации невесомости: с использованием кареток, противовесов, механических балансиров, шаров и других способов обезвешивания.

Решаемая задача моделирования процессов раскрытия спиц рефлектора антенн при наземных испытаниях на стенде с активной системой обезвешивания предусматривает, что раскрытие происходит с по-

мощью установленного в корпусе (основании) антенны механизма выдвижения мачты (МВМ), электродвигатель в котором связан через зубчатый и шнековый редукторы с выдвигаемой мачтой. На вершине мачты закреплены ленточные тяги (оттяжки), вторые концы которых жестко крепятся на спице. Для снижения сопротивления натяжению тег на начальном этапе раскрытия спиц, под каждой из них располагаются две роликовые опоры, одна из которых размещена на верхней части МВМ, а вторая – на подкосе, специально шарнирно закрепленном на спице и раскрывающемся под действием тяги до начала ее разворота. Эти подкосы служат для обеспечения более высоких уровней моментов от сил натяжения тег при малых углах раскрытия спиц. В дальнейшем при достижении углом разворота спицы некоторого угла тяги отходят от роликовых опор, и те уже не определяют их текущее положение. Обезвешивание осуществляется посредством механической силокомпенсирующей системы, состоящей из кареток и тросового подвеса с регулируемой силой его натяжения.

При решении вышеприведенной задачи становится очевидным, что для успешного моделирования процессов раскрытия спиц рефлектора антенн необходимо знать кинематические зависимости углов механизма раскрытия спиц от перемещения мачты. Расчетная схема для математического описания процесса раскрытия спицы рефлектора представлена на рис. 1. Из этой схемы видно, что наиболее важными углами, влияющими на ход моделирования системы активного обезвешивания, являются углы α , θ , φ .

Для вывода наиболее точных зависимостей углов механизма раскрытия спицы от перемещения мачты необходимо все этапы раскрытия рефлектора разделить на три группы: от транспортировочного положения рефлектора до момента фиксации подкоса, когда спица еще не начала отклоняться от своего вертикального положения, от момента фиксации подкоса и до момента его отсоединения от оттяжки, от момента отсоединения подкоса от оттяжки и перевода рефлектора в рабочее положение.

Зависимость угла раскрытия спицы α от механизма выдвижения мачты Z_M имеет линейный характер на всех трех периодах раскрытия рефлектора антенны [1].

Также важными кинематическими зависимостями являются зависимости угла между спицей и присоединенной к ней оттяжкой θ и угла между мачтой и оттяжкой φ от перемещения мачты.

На основании вышесказанного, а также параметров замкнутой кинематической цепи, включающей основание антенны, мачту МВМ, ленточную оттяжку, подкос и саму спицу, с помощью средств пакета

расширения Matlab – Curve Fitting Toolbox были получены следующие зависимости:

$$\theta_{MC}(Z_M) = \begin{cases} 0,235 \cdot Z_M - 0,043, & \text{при } 0 \leq Z_M \leq 1,0 \text{ м,} \\ 0,192, & \text{при } 1 \text{ м} < Z_M < 1,8 \text{ м,} \\ 0,219 \cdot Z_M - 0,2, & \text{при } 1,8 \text{ м} \leq Z_M \leq 3,5 \text{ м;} \end{cases}$$

$$\varphi_{MC}(Z_M) = \begin{cases} -0,021 \cdot Z_M + 0,963, & \text{при } 0 \leq Z_M \leq 1,0 \text{ м,} \\ -0,469 \cdot Z_M^2 + 0,817 \cdot Z_M + 0,595, & \text{при } 1 \text{ м} < Z_M < 1,8 \text{ м,} \\ -0,137 \cdot Z_M^2 + 0,929 \cdot Z_M - 0,703, & \text{при } 1,8 \text{ м} \leq Z_M \leq 3,5 \text{ м.} \end{cases}$$

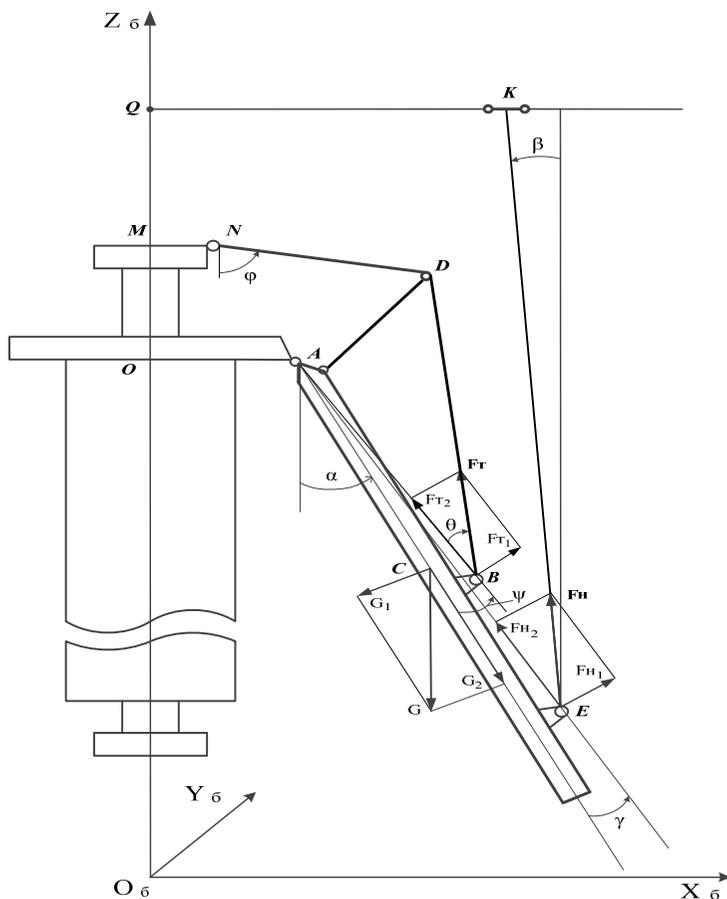


Рис. 1. Расчетная схема для математического описания процесса раскрытия спицы рефлектора

Графически эти зависимости представлены на рис. 2 и 3.

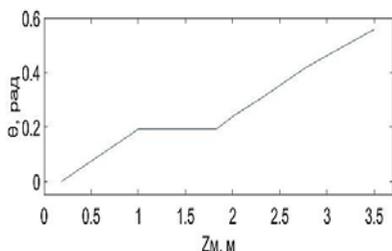


Рис. 2. График зависимости угла θ от перемещения мачты Z_M

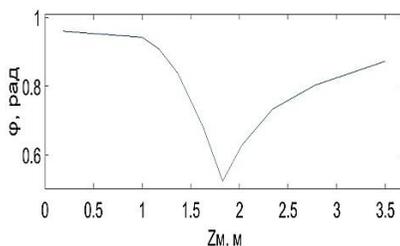


Рис. 3. График зависимости угла φ от перемещения мачты Z_M

Таким образом, из рис. 2 видно, что зависимость угла θ от перемещения мачты Z_M в каждый из трех периодов раскрытия рефлектора линейная и изменяется по определенному закону, а исследование зависимости угла φ от механизма выдвижения мачты Z_M показало наличие характерной «переломной» точки в момент отхода подкоса от оттяжки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Звонцова К.К. Исследование зависимости угла раскрытия спицы от перемещения мачты при моделировании процессов стендовых испытаний механических устройств рефлекторов антенн больших диаметров. Томск, 2016.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МОБИЛЬНОГО РОБОТА С НАВИГАЦИЕЙ В НЕИЗВЕСТНОЙ СРЕДЕ

А.В. Горбенко, аспирант каф. информатики и информационной безопасности

Научный руководитель А.Д. Кожуховский, проф., д.т.н.

Украина, г. Черкассы, Черкасский государственный технологический университет, horbenko@2upost.com

В настоящее время области применения мобильной робототехники существенно расширяются во многих областях деятельности человека. Особенно это характерно для деятельности, осуществляемой при решении специальных задач, связанных с угрозами для здоровья и жизни людей.

Роботы – автоматические системы, предназначенные для воспроизведения двигательных и интеллектуальных функций человека. От традиционных автоматов отличаются большей универсальностью и

способностью адаптации на выполнение различных задач, в том числе в меняющейся обстановке.

Применение мобильных роботов позволяет исключить угрозу здоровью и жизни человека-оператора. Таким образом, актуальной является проблема создания мобильных роботов, обладающих способностями к самостоятельному передвижению и автоматическому выполнению поставленных задач. Важную роль при этом играет создание системы навигации, которая позволяет составлять карту среды, в которой функционирует мобильный робот, планировать маршрут, ведущий к цели, и обходить препятствия.

Целью данной работы является определение задач и разработка эмулятора для моделирования робота с навигацией в неизвестной среде.

Постановка задачи. Необходимо создать эмулятор мобильного робота, автоматически и дистанционно управляемого, способного двигаться по пересеченной местности, иметь манипулятор для захвата объектов, различные датчики для проведения исследований на основе имеющихся средств.

Решение задачи. Для успешной навигации в пространстве система робота должна уметь строить маршрут, управлять параметрами движения (задавать угол поворота колес и скорость их вращения), правильно интерпретировать информацию об окружающем мире, получаемую от датчиков, и постоянно отслеживать собственные координаты.

В общем виде нужно решить следующие задачи:

- обеспечение автоматического движения;
- обеспечение устойчивости функционирования во всех режимах;
- определение положения мобильного робота в пространстве;
- формирование виртуального пространства рабочей зоны;
- определение стратегии функционирования.

Исследование качества решения перечисленных задач в реальных условиях в общем случае является сложной задачей и может потребовать довольно больших материальных ресурсов и времени. Поэтому целесообразным является создание виртуальной среды, в которой можно моделировать различные аспекты функционирования робота, охватывающие задачи формирования локации, формирование представления о пространстве, планирование и отработку утилитарных задач.

Эмулятор должен воспринимать смоделированные сигналы внешнего мира за реальные и выполнять все, что от него требуется. То есть в модели не должно быть ни навигационных устройств, ни двигателей, ни рабочей площади и пройденного по ней расстояния, и при этом программа не должна понимать, что реально, а что нет, и воспринимала все, как реальность.

Программный эмулятор должен включать в себя визуализатор процесса функционирования робота. Учитывая, что весь этот процесс проходит в горизонтальной плоскости, желательно визуализировать его с помощью «вида сверху», так как при этом хорошо виден путь, по которому движется робот.

Решение указанных задач позволит получить инструментальное средство для исследования алгоритмов функционирования мобильных роботов при выполнении различных утилитарных задач.

Рабочая зона мобильного робота определена контуром помещения, который в виртуальной модели будет представлен вектором $K_0 = \{a_i\}; i \in N$, где a_i – характерные точки контура.

Такое представление не позволяет описать все виды геометрии помещения, но позволяет упростить математические и логические манипуляции в решении задач навигации и стратегии функционирования. В случае, если контур помещения сформирован из линий высших порядков, то его можно аппроксимировать ломаной. Контур помещения представляет внутреннюю область функционирования робота, однако она ограничена геометрией предметов, расположенных в плоскости перемещения робота. Данное ограничение выражается как $K = \{K_j\}; j \in N$, где $K_j = \{b_{j,n}\}; n \in N$ – контуры описания предметов, представляющих собой линейный вектор, изображенный в виде последовательности характерных точек контура.

И внешние, и внутренние контуры описываются точками в виде $a(x, y)$ и $b(x, y)$, где x, y – координаты точек, причем $a, b \in R^2$, где R – радиус окружности робота. Следует уточнить, что для обеспечения математической четкости для описания множества точек возможного нахождения робота необходимо выразить, каким образом представлены множества описания контуров в виде замыкающих множеств, представляющих собой объединение точек отрезков. Затем выразить внутреннее множество точек. Однако это усложнит восприятие выкладок и абсолютно непригодно для алгоритмического решения задачи формирования рабочего пространства, поэтому рассмотренные выше уточнения будут условно опускаться.

С учетом вышесказанного целесообразно модель виртуального пространства представить в виде

$$F = \{p \in P \mid p \in K_0, p \in K\}.$$

В программе управления роботом виртуальное пространство представляется в виде структуры, в которой указано количество контуров и массива элементов типа «контур». В структуре рассматривается количество характерных точек, которые помещаются в этот массив.

Закключение. Для решения задачи синтеза системы управления требуется знание всех текущих переменных состояний робота, которые впоследствии обрабатываются, и на основе этих данных делаются выводы соответствующие поставленной задаче. Моделирование и вычислительные эксперименты позволят повысить эффективность исследований динамических свойств колесных роботов и проанализировать различные варианты стратегий и схем управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Информационные устройства робототехнических систем: учеб. пособие / под ред. С.Л. Зенкевича, А.С. Ющенко. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 384 с.*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ РЕГРЕССИИ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

*О.А. Кожуховская, доцент каф. качества, стандартизации и
управления проектами, к.т.н.*

*Украина, г. Черкассы, Национальный университет
им. Б. Хмельницкого, olga-kozuhovska@mail.ru*

Цель этой работы состоит в решении проблемы формулирования последовательности действий, касающейся неопределенностей в построении моделей и оценке прогнозов в ходе разработки СППР обработки данных для целей оценки прогнозов и формирования альтернативных решений. Статистические неопределенности включают в себя следующее: неопределенность относительно распределения данных и случайных возмущений, которые влияют на исследуемые процессы; наличие пробелов в данных и значений больших импульсных (экстремальных) значений в образцах, которые используются для построения моделей процессов; наличие шума (ошибки) измерений; присутствие скрытых (не измеряемых) переменных; влияние коротких выборок на качество моделей и оценки прогнозов, рассчитанных на их основе; недостаточная информативность данных; наличие резких скачкообразных изменений в рядах данных (изменение режима функционирования процесса). Последний эффект также можно отнести к случайным структурным изменениям. Рассмотрим некоторые из инструментов борьбы с неопределенностями статистического характера.

Использование непараметрической регрессии. Известно, что для решения проблемы моделирования и прогнозирования процессов произвольной природы широко используются линейные относительно параметров математические модели или нелинейные относительно переменных (линейная и псевдолинейная регрессии). Однако на ис-

пользование линейных и псевдолинейных моделей и методов наименьших квадратов (МНК) для их оценки накладываются жесткие условия, а именно:

– основная (зависимая) переменная должна иметь нормальное распределение с ограниченной постоянной дисперсией:

$$\{y(k) \sim N(\bar{y}, \sigma_y^2), \sigma_y^2 = \text{const} \leq c, c > 0;$$

– случайный процесс у правой части модели $\varepsilon(k)$ – это последовательность некоррелированных одинаково распределенных значений с нулевым средним:

$$E[\varepsilon(k)\varepsilon(l)] = \begin{cases} \sigma_\varepsilon^2, & k=l; \\ 0, & k \neq l; \end{cases} \quad E[\varepsilon(k)] = 0,$$

$$k=0,1,2,\dots; \quad l=0,1,2,\dots;$$

– случайный процесс $\varepsilon(k)$ не должен быть коррелированным с прошедшими значениями основной переменной:

$$E[\varepsilon(k)y(k-l)] = \begin{cases} \sigma_\varepsilon^2, & k=l; \\ 0, & k \neq l. \end{cases}$$

В приведенных выражениях E – символ математического ожидания; k – дискретный час, связанный с реальным непрерывным часом t , периодом дискретизации измерений T_s : $t = kT_s$. Кроме того, предполагается, что регрессоры – это детерминированные величины, а поиск «наилучшей» структуры модели в большинстве случаев является проблематичным. («Наилучший» взят в кавычки, потому что любая модель является приближенной). Очевидно, что обеспечение этих ограничений на процессы не всегда возможно. В целом мы можем сказать, что классический регрессионный подход к моделированию может не всегда обеспечивать достаточную структурную гибкость (необходимую степень адаптивности к данным) при построении математических моделей, т.е. структура модели характеризуется неопределенностью.

Для того чтобы уменьшить количество ограничений при построении модели, можно воспользоваться непараметрической регрессией. В отличие от классической регрессии применение непараметрической предусматривает стохастичность регрессоров X_1, X_2, \dots, X_p , т.е. $X_i, i=1, \dots, p$ – случайные переменные, что практически всегда соответствует действительности. Общее представление непараметрической регрессии практически такое же, как и классической параметрической:

$$y(k) = \varphi[\mathbf{X}(k)] + \varepsilon(k),$$

где $\varepsilon(k) = y(k) - \varphi[\mathbf{X}(k)]$, $E[\varepsilon(k)|\mathbf{X}(k)] = 0$, но допущения относительно этой модели несколько иные. Во-первых, допускается, что ошибка модели непараметрической регрессии зависит от значений регрессоров X_i , а поэтому тип ее распределения зависит от распределения регрессоров. Во-вторых, регрессоры X_1, X_2, \dots, X_p могут иметь разные распределения и количество регрессоров может быть произвольно большим, т.е. $\dim[\mathbf{X}] \gg 2$. Оценку функции $\varphi[x(k)]$ для этой регрессии можно записать следующим образом [1]:

$$\hat{\varphi}_n[x(k)] = \sum_{k=1}^n w_{n,k}(x)y(k),$$

где $x(k)$ – фактические независимые переменные модели; $w_{n,k}(x)$ – весовые коэффициенты, которые определяют вклад измерений основной переменной y значения функции и могут быть представлены в виде: $w_{n,k}(x) = w_{n,k}(x, X_1, \dots, X_n) \in \mathfrak{R}$; n – количество измерений. Значения весовых коэффициентов и функции регрессии можно оценить с помощью индикаторных функций (partitioning estimate) или ядра Надарая–Уотсона [2]. Таким образом, применение непараметрической регрессии дает возможность уменьшить статистическую неопределенность данных благодаря использованию фактических распределений переменных, что автоматически приводит к снижению неопределенности структуры модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Gibbs B.P. Advanced Kalman filtering, least-squares and modeling* / B.P. Gibbs. Hoboken (New Jersey): John Wiley & Sons Inc., 2011. 627 p.
2. *Gyorfi L. Distribution-free theory of nonparametric regression* / L. Györfi, M. Kohler, A. Krzyżak, H.A. Walk. New York: Springer-Verlag, 2002. 664 p.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРНОСТИ ПОПУЛЯЦИИ ХРОМОСОМ ДЛЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

О.А. Намофилова, аспирант каф. информатики и информационной безопасности

Научный руководитель А.Д. Кожуховский, проф., д.т.н.

Украина, г. Черкассы, Черкасский государственный технологический университет, olga_namofilova@rambler.ru

В данной работе рассматривается определение принципа и критериев расчета размера популяции хромосом для генетического алго-

ритма. Генетические алгоритмы – это разновидность алгоритмов перебора [1].

Рассмотрим хромосому, состоящую из N генов со значениями 0 и 1. Размеры популяции хромосом могут находиться в пределах $[1, 2^N]$, где размер популяции 1 – случайный выбор любого значения и объявление его оптимальным, а размер популяции 2^N – предельный случай, при котором генетический алгоритм вырождается в алгоритм полного перебора.

Рассмотрим популяцию, состоящую из P хромосом. Произведём рекомбинации на подмножестве, но при этом необходимо найти оптимальное значение для всего множества. Набор хромосом должен содержать все значения, необходимые для того, чтобы путем их рекомбинации можно было получить любой из элементов целого множества, т.е., размер популяции должен быть таким, чтобы для каждого гена во всей популяции были представлены все возможные значения.

Рассмотрим популяцию, в которой $N=5$, $P=4$: 11111, 10010, 10100, 10001. Имеем: первый ген во всех четырех хромосомах представлен только значением 1; второй ген представлен тремя значениями 0 и одним значением 1; третий ген представлен двумя значениями 0 и двумя значениями 1; четвертый ген представлен двумя значениями 0 и двумя значениями 1; пятый ген представлен двумя значениями 0 и двумя значениями 1.

Таким образом, если оптимальное значение достигается для хромосомы 01010, то, сколько бы ни работал генетический алгоритм (без применения оператора мутации), это значение никогда не будет найдено.

Рассчитаем вероятность того, что случайный набор хромосом будет содержать все необходимые элементы.

Вероятность того, что один какой-либо из генов будет во всех хромосомах содержать только 1, равна $\left(\frac{1}{2}\right)^P$. Вероятность того, что один какой-либо из генов будет во всех хромосомах содержать только 0, также равна $\left(\frac{1}{2}\right)^P$. Очевидно, что во всех остальных случаях будет присутствовать полный набор $\{0,1\}$.

Таким образом, вероятность образования для одного гена равна $1 - \left(\frac{1}{2}\right)^P - \left(\frac{1}{2}\right)^P = 1 - \left(\frac{1}{2}\right)^{P-1}$.

Соответственно, вероятность того, что все N генов будут содержать полный набор $\{0,1\}$ каждый, равна $P_1 = \left(1 - \left(\frac{1}{2}\right)^{P-1}\right)^N$.

Выразим число хромосом в популяции через P_1 – вероятность того, что популяция будет содержать все необходимые для рекомбинации элементы, и N – число генов в хромосоме. Получим
$$P = 1 + \log_2 \frac{1}{1 - P_1^N}.$$

Например, для $N=100$ и $P_1=0,999$ получаем необходимую численность популяции $P=18$.

Каким бы большим ни было значение P_1 , вероятность того, что на какой-либо из итераций будет получен такой набор хромосом, из которого путем рекомбинаций не может быть получена любая возможная хромосома, отлична от нуля.

Возникает необходимость применения оператора мутации, который, в отличие от скрещивания хромосом (т.е. рекомбинации наиболее приспособленных наборов генов), абсолютно хаотичен.

Вероятность того, что какой-либо из генов будет содержать для всех хромосом либо только 1, либо только 0, равна $\left(\frac{1}{2}\right)^{P-1}$.

Обозначим через P_2 вероятность мутации одной хромосомы и выразим вероятность этой мутации.

Вероятность мутации определенного гена хромосомы равна $\frac{P_2}{N}$. Вероятность того, что данный ген хромосомы не мутирует, равна $1 - \frac{P_2}{N}$. Вероятность того, что данный ген не мутирует ни в одной из хромосом, равна $\left(1 - \frac{P_2}{N}\right)^P$. Вероятность того, что данный ген мутирует хотя бы в одной из хромосом, равна $1 - \left(1 - \frac{P_2}{N}\right)^P$.

Необходимо, чтобы вероятность мутации данного гена (хотя бы в одной из хромосом) превышала вероятность отсутствия в данном гене какого-либо из значений (0 или 1) во всех остальных хромосомах. Сам

факт мутации еще не означает, что мы имеем дело именно с нужной нам мутацией.

Таким образом, имеем неравенство $1 - \left(1 - \frac{P_2}{N}\right)^P > 10 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{P-1}$.

Преобразовав его, получим следующее значение:

$$P_2 > N \cdot \left[1 - \left(1 - 10 \cdot \left(\frac{1}{2} \right)^{P-1} \right)^{\frac{1}{P}} \right]. \quad (1)$$

Ориентируясь по нижней границе неравенства (1), получаем следующую формулу для расчета вероятности мутации хромосомы:

$$P_2 = N \cdot \left[1 - \left(1 - 10 \cdot \left(\frac{1}{2} \right)^{P-1} \right)^{\frac{1}{P}} \right].$$

Заключение. Для $P=18$, рассчитанного для значений $N=100$ и $P_1=0,999=99,9\%$, получим $P_2 \approx 0,05\%$. То есть для хромосом длиной $N=100$ генов получаем минимально необходимую численность популяции $P=18$ и необходимую вероятность мутации одной хромосомы $P_2 \approx 0,05\%$. Для хромосом длиной $N=1000$ генов получаем $P=22$ и $P_2 \approx 0,03\%$.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ситник В.Ф.* Системи підтримки прийняття рішень: навч. пос. К.: КНЕУ, 2004. 614 с.

ПОДСЕКЦИЯ 3.5

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Председатель – Ходашинский И.А., проф. каф. КИБЭВС, д.т.н.;
зам. председателя – Сарин К.С., ассистент каф. КИБЭВС

АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ЭВОЛЮЦИОНИРУЮЩИХ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ ТИПА АНГЕЛОВА–ЯГЕРА

А.Е. Анфилофьев, аспирант каф. КИБЭВС

г. Томск, ТУСУР, yowwi00@gmail.com

Научный руководитель И.А. Ходашинский, проф. каф. КИБЭВС

При работе с меняющими свою структуру динамическими нечеткими системами одной из основных проблем является изменение функций принадлежности системы от времени. Эту проблему решает применение нечетких систем типа Ангелова–Ягера [1].

Целью работы является описание алгоритма формирования базы правил нечетких систем типа Ангелова–Ягера.

Структура системы Ангелова–Ягера. Правила базы правил нечеткой системы, основанной на облаках, представляют собой N правил, где i -е правило представлено как [2]:

$$R^i : IF(x \sim X^i) THEN(u^i),$$

где символ « \sim » означает элемент «связан с облаком», $X^i \in R^n$ – i -е облако, определенное на пространстве входных данных $\mathbf{x} = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$, u^i – выход i -го правила.

Выход системы определяется в общем случае как

$$u_k = \frac{\sum_{i=1}^N \gamma_k^i u^i}{\sum_{i=1}^N \gamma_k^i},$$

где γ_k^i – локальная плотность i -го облака для входного образца данных.

Локальная плотность определяется соответствующим ядром на расстояниях между x_k и всеми другими образцами в облаке [3]:

$$\gamma_k^i = K \left(\sum_{j=1}^{M^i} d_{kj}^i / M^i \right), \quad i=1, \dots, N,$$

где d_{kj}^i – расстояние между входным образцом x_k и x_j , M^i – количество входных экземпляров, связанных с облаком X^i .

Локальная плотность в общем виде определяется рекурсивно как:

$$\begin{aligned} \gamma_k^i &= 1, \text{ если } K_k^i(d) > 1, \quad \gamma_k^i = K_k^i(d), \text{ если } K_k^i(d) \geq 0, \\ \gamma_k^i &= 0, \text{ если } K_k^i(d) < 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где γ_k^i – относительная плотность i -го облака, вычисленная в момент времени k , μ_k – среднее значение, определяемое как $\mu_k = \frac{k-1}{k}\mu_{k-1} + \frac{1}{k}x_k$, начальное значение $\mu_1 = x_1$.

Эволюционирование системы. Определяется локальная плотность относительно входного и выходного пространства Γ_k^i , она аналогична локальной плотности, определенной ранее, за исключением того, что используется расстояние, включающее в себя выходы поступивших ранее образцов $z_k = [x_k^T, u_k]^T$.

Рекурсивная формула может определяться как:

$$\begin{aligned} \Gamma_k^i &= 1, \text{ если } K_k^i(d) > 1, \quad \Gamma_k^i = K_k^i(d), \text{ если } K_k^i(d) \geq 0, \\ \Gamma_k^i &= 0, \text{ если } K_k^i(d) < 0, \end{aligned} \quad (2)$$

где μ_k^z определяются аналогичным образом относительно локальной плотности.

Предлагаемый метод. Предлагается использовать Евклидово расстояние $d_{kj}^i = \|x_k - x_j\|^2$ и ядро $(1 - \alpha d)^\beta$ для вычисления локальной плотности. Функция K_k^i , для формул (1) и (2) в данном случае будет представлена как $K_k^i = (1 - \alpha \|x_k - \mu_{k-1}\|^2)^\beta$ и $K_k^i = (1 - \alpha \|z_k - \mu_{k-1}^z\|^2)^\beta$.

Алгоритм

Шаг 1. Получить экземпляр данных.

Шаг 2. Если экземпляр данных первый, то создать новое облако с начальными значениями $\mu_k^z = z_k$, $\mu_k = x_k$ и $u^i = x^i$, перейти к шагу 1, иначе перейти к шагу 3.

Шаг 3. Для каждой входной точки определить Γ_k^i по формуле (2), и если выполняется условие $\forall i=1, \dots, N \Gamma_k^i < r$, где r – константа, определяемая в зависимости от вида ядра, то породить новое облако начальными значениями $\mu_k^z = z_k$, $\mu_k = x_k$ и $u^i = x^i$, перейти к шагу 1, иначе перейти к шагу 4.

Шаг 4. Если условие не выполняется, то определить ближайшее к образцу данных облако, как облако имеет максимальное значение локальной плотности Γ_k^i в точке z_k . Для полученного ближайшего облака

осуществить пересчет среднего значения μ_k^z , μ_k . Значение для u^i определяется через рекуррентный МНК как функциональная зависимость от x . Перейти к шагу 1.

Эксперимент. Для эксперимента и сравнения аппроксимируем функцию $y=x^3$ с добавлением шума в области от -2 до 2 [1]. Входные образцы поступают последовательно, а значения констант $\alpha = 5$, $\beta = 3$, $r = 0,4$. Значения консеквентов u^i представлены как функциональные зависимости вида $u^i = q^i x + c^i$.

Для сравнения используются ошибка MSE и количество кластеров. Сравнение производится с алгоритмом Ангелова–Ягера, для которого: MSE для евклидова расстояния с 7 облаками – $0,0232$ [1]. Полученное значение в результате эксперимента – MSE для евклидова расстояния с 7 облаками – $0,0139$.

Заключение. Использование данной методики построения нечетких систем позволяет строить нечеткие системы, не использующие функции принадлежности, а основанные на правилах и локальной плотности, которая в свою очередь может быть легко представлена в рекуррентном виде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Blazic S. Comparison of Approaches for Identification of All-data Cloud-based Evolving Systems / S. Blazic, P. Angelov, I. Skrjanc // CESCIT–2015. Maribor, Slovenia. 2015. IFAC-PapersOnLine 48–10. P. 129–134.

2. Sadeghi-Tehran P. Self-evolving parameterfree rule-based controller / P. Sadeghi-Tehran, A.B. Cara, P. Angelov et al. // IEEE Proc. World Congr. Comput. Intell. 2012. P. 754–761.

3. Blazic S. A Robust Evolving Cloud-Based Controller // S. Blazic, P. Angelov, I. Skrjanc // Springer Handbook of Computational Intelligence. Berlin Heidelberg: Springer, 2015. P. 1435–1449.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ ГЕМОСТАЗА У БЕРЕМЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКОГО КЛАССИФИКАТОРА

М.Б. Бардамова, В.С. Ковалев, студенты каф. КИБЭВС

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

г. Томск, ТУСУР, 722bmb@gmail.com, arachai979@gmail.com

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

Методика исследований агрегатного состояния крови с использованием анализатора реологических свойств АРП-01 «Меднорд» позво-

ляет объективно определить тип клинических нарушений системы гемостаза [1]. В основе методики – регистрация изменений агрегатного состояния крови, которые отражают внутренние процессы, протекающие в крови при её свертывании.

Методика подразумевает анализ врачом полученных параметров с целью оценки состояния системы свертывания крови. Однако определение результата – трудоемкий процесс для врача. Для облегчения работы было предложено разработать способ оценки системы гемостаза на основе реологических свойств крови с помощью нечеткого классификатора.

Нечеткий классификатор. Нечеткий классификатор строится на основе экспертной таблицы и базы нечетких правил типа «если – то» [2]. 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.

Критерий качества классификации определяется с помощью величины, обратной среднеквадратической функции ошибки – точностью классификации. Ошибка зависит от расположения лингвистических термов, поэтому оптимизация вектора параметров термов приводит к увеличению точности. Для этой цели применялся гравитационный алгоритм оптимизации.

При построении классификатора важно выбрать из экспертной таблицы только информативные признаки, которые увеличивают точность классификации. Для оценки признаков в работе применялся жадный алгоритм.

Жадный алгоритм. Жадный алгоритм – алгоритм, заключающийся в принятии локально оптимальных решений на каждом этапе, допуская, что это приведет к оптимальному решению глобальной задачи [3]. На первом шаге алгоритма оценивается точность на одном признаке и выбирается тот, который дает наибольшую точность. На втором шаге к нему поочередно прибавляют остальные признаки, выбирается комбинация с наибольшей точностью. Таким образом, комбинация нарастает до истечения количества признаков.

Эксперимент. Тестирование проводилось на базе экспертной таблицы исследования реологических свойств крови у беременных женщин, состоящих на наблюдении в родильном доме №1. Входные параметры были получены с помощью анализатора «МЕДНОРД» (табл. 1).

На основе экспертной таблицы были построены три группы классификаторов для определения различных характеристик системы свертывания крови (табл. 2).

Таблица 1

Описание входных параметров классификатора

№	Входной параметр	Тип	Область определения
1	V	Целочисленный	[15; 41]
2	A _n	Целочисленный	[47; 91]
3	A _r	Целочисленный	[-19; -2]
4	r	Вещественный	[0,5; 16,0]
5	k	Вещественный	[0,9; 16,9]
6	AM	Целочисленный	[368; 991]
7	T	Вещественный	[13,3; 94,9]
8	F	Вещественный	[0,168]

Таблица 2

Группы нечетких классификаторов

Назначение классификатора	Кол-во классов	Классы
Оценка структурных признаков системы гемостаза	3	Гипер-, гипо-, нормокоагуляция
Оценка хронометрических признаков системы гемостаза	5	Очень высокая интенсивность, высокая, нормальная, низкая, очень низкая
Оценка общего состояния свертывающей системы	3	Гипер-, гипо-, нормокоагуляция

В каждой группе классификаторы тестировались на различных комбинациях признаков, одни из которых получены на основе жадного алгоритма, другие выделены экспертом как наиболее существенные.

Структурные признаки отражают реологические свойства образовавшегося сгустка (табл. 3).

Таблица 3

Оценка структурных признаков

Набор признаков	4 пр., жад. алг. V, r, k, AM		3 пр., жад. алг. A _r , k, AM		1 пр., экс. AM
	Средняя	Лучшая	Средняя	Лучшая	Лучшая
Обучающая	94,9	95,5	94	94,5	97,6
Тестовая	92,9	94,7	93	95,1	97,5

Хронометрические признаки характеризуют процесс образования тромба (табл. 4).

Конечным результатом служит комплексная оценка системы гемостаза (табл. 5).

Таблица 4

Оценка хронометрических признаков

Набор признаков	5 пр., жад. алг. A_n, r, k, AM, t	3 пр., эксперт r, k, t	2 пр., эксперт r, k
Обучающая	72,7	87,2	85,4
Тестовая	71,2	89,6	86,5

Таблица 5

Оценка общего состояния свертывающей системы

Набор признаков	6 пр., жадный алг. V, A_n, r, k, AM, T		3 пр., эксперт r, k, AM	
Точность	Средняя	Лучшая	Средняя	Лучшая
Обучающая выборка	86,4	87,3	90,7	92,2
Тестовая выборка	81,5	86,5	89,7	93,2

Заключение. Показанные результаты свидетельствуют, что система на основе нечеткой логики может применяться для оценки свертывающей системы. Гравитационный алгоритм демонстрирует хорошие прогностические способности. Для повышения точности необходимо использовать более эффективные алгоритмы отбора признаков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тютрин И.И., Шписман М.Н., Стеценко А.И. Методика исследования и интегральной оценки реологических свойств крови. Томск, 1997. С. 8–18.
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. Минина Д.Ю. Алгоритмы и программные средства построения нечетких классификаторов сетевых атак на основе алгоритма «Кукушкин поиск»: Дипломная работа. Томск, 2014. С. 27–30.

НОВОВВЕДЕНИЯ В OLAP MICROSOFT SQL SERVER 2014

А.В. Елисейев, студент

Научный руководитель И.В. Горбунов, м.н.с. каф. КИБЭВС

г. Томск, ТУСУР, artyom.rus.96@gmail.com

Проект ГПО КИБЭВС-1519 «Моделирование систем защиты информации»

С каждым годом количество неструктурированной информации, накапливаемой в хранилищах данных, растет, вместе с этим растет затрачиваемое время на их анализ. Согласно результатам исследования «Big Data, Bigger Digital Shadows, and Biggest Growth in the Far East»,

проведенного International Data Corporation при поддержке компании EMC, количество серверов в мире вырастет в 10 раз в ближайшие 8 лет, а цифровая вселенная достигнет объема в 40 зеттабайт к 2020 г. Из-за быстрого увеличения ростов объемов информации ведущие ИТ-компании столкнутся с некоторыми трудностями, основными из которых будут вопросы оперативной обработки «больших данных», значительная часть из которых будет просто утеряна. Сегодня, к примеру, используется менее 3 из 23% потенциально полезных данных, которые могли бы найти применение с технологиями «больших данных». Всё это обуславливает важность понимания и интерпретации «больших данных». Чтобы обрабатывать такие объемы информации нужны инновационные подходы для их обработки и анализа [1]. Такие подходы были реализованы в SQL Server 2014, которые призваны упростить понимание процессов, которые происходят на объектах управления, посредством предоставления оперативного доступа к разным срезам данных.

Цель работы заключается в обзоре новых возможностей OLAP системы, реализованных в SQL Server 2014, позволяющих обрабатывать данные быстрее с целью приблизиться к обработке «больших данных».

На сегодняшний день актуальной версией является Microsoft SQL Server 2014. Она обеспечивает рекордную производительность благодаря новым технологиям работы с памятью.

В данной версии появилась технология In-Memory OLTP (проект Hekaton), которая служит для ускорения обработки операций OLTP в SQL Server. Система OLTP (On-line Transaction Processing) характеризуется большим количеством коротких on-line транзакций, где основной упор ставится на очень быструю обработку запросов, сохраняя целостность данных в средах с множественным доступом, и эффективность измеряется по количеству операций в секунду. Слово «Hekaton» в переводе с греческого языка означает «в сто раз», что указывает на быстроедействие данной технологии. Быстродействие обеспечивается за счет компактного самостоятельного ядра Гекатона, интегрированного в исполнительный механизм SQL Server, которое по сравнению с традиционными СУБД не имеет интерпретируемых планов выполнения, блокировок как средства обеспечения логической целостности данных, дает возможность создавать таблицы с данными, оптимизированными для размещения в оперативной памяти [2]. Запрос может ссылаться и на таблицы, оптимизированные для памяти, и на таблицы, находящиеся на диске. Транзакция может обновлять данные в таблицах, оптимизированных для памяти, и в таблицах, находящихся на диске. Если говорить, во сколько раз увеличивается производительность с данной

технологией, прирост производительности в 5–20 раз является обычным явлением [3].

Другим улучшением является расширение буферного пула, которое связано с In-Memory OLTP. Данное улучшение подразумевает интеграцию твердотельных носителей (SSD), что позволяет расширить буферный пул с использованием памяти (NvRAM). NvRAM – вид запоминающего устройства с произвольным доступом, которое способна хранить данные в отсутствие электрического питания. Этот компонент позволяет использовать SSD для расширения пула, где память задействуется по максимуму. Благодаря данному расширению, в буферном пуле появляется возможность создания множества данных большого объема, что в свою очередь обеспечивает подкачку ввода-вывода между ОЗУ и SSD-дисками. Это перераспределяет нагрузку случайных операций ввода-вывода с механических дисков на SSD. Благодаря преимуществам SSD-дисков расширение буферного пула значительно повышает пропускную способность ввода-вывода [4].

Также в SQL Server 2014 представлена система распределения обязанностей, главной задачей которой является минимизировать количество возможных ошибок, что достигается путем распределения привилегий среди пользователей таким образом, чтобы ни один из них не имел полного доступа к определенным компонентам базы данных и средств анализа. Существует принцип наименьших привилегий, который гласит, что, давая кому-либо разрешение на совершение процесса *X*, не обязательно означает что этот же пользователь должен иметь возможность совершать процесс *Y* по умолчанию, это позволяет упростить распределение обязанностей между пользователями. Условно их можно разделить на три группы: администраторов, службу поддержки и аналитиков [5].

Немаловажно обеспечить качество тех данных, которые хранятся в базах данных, для этих целей в SQL Server 2014 предусмотрены службы Data Quality Services. Эти службы помогают поддерживать качество данных и обеспечивать их пригодность к использованию в бизнесе, что очень важно для коммерческих организаций любых размеров. DQS делают данные надежнее, доступнее и дают возможность повысить коэффициент повторного использования данных. Это позволяет устранить проблемы, связанные с некорректными данными в приложениях бизнес-аналитики, хранилищах данных и в системах OLTP. База знаний DQS представлена в виде репозитория трех видов знаний: готовые знания, знания, составленные сервером DQS, и знания, составленные пользователем. Знания позволяют находить дублирование данных, что допускает не хранить одни и те же данные многократно, также находить возможные ошибки в данных. DQS дает воз-

возможность совершать операции импорта и экспорта с базой знаний. С помощью DQS-файла можно импортировать или экспортировать домены, или базы знаний, а также значения, которые были обнаружены в процессе очистки на основе баз данных, обратно в домен, что позволяет непрерывно улучшать базы знаний. Это достигается передачей знаний обратно в базы знаний, полученных при обнаружении и принятии решений [6].

Заключение. Современные объемы данных и необходимость их оперативного анализа требуют применения технологий увеличения скорости обработки данных за счет новых технических средств и методов, а также специальных процедур предварительной обработки данных и оценки их качества. В данной работе произведен обзор некоторых ключевых особенностей современных OLAP-подсистем, позволяющих удовлетворять современные требования на примере MS SQL Server 2014.

Результаты проведенного обзора, описывающие способы повышения количества данных, обрабатываемых в OLAP, а также повышения скорости обработки данных будут использованы при составлении методического обеспечения по курсу «Специальные технологии баз данных и информационных систем».

ЛИТЕРАТУРА

1. *ServerNews* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://servernews.ru/596931> (дата обращения: 2.03.2016).
2. *Шуленин А.* In-Memory OLTP в SQL Server 2014 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/225167/> (дата обращения: 2.03.2016).
3. *In-Memory OLTP (In-Memory Optimization)* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://msdn.microsoft.com/en-us/us-en/library/dn133186%28v=sql.120%29.aspx> (дата обращения: 2.03.2016).
4. *Расширение* буферного пула [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/dn133176%28v=sql.120%29.aspx> (дата обращения: 4.03.2016).
5. *Beauchemin B.* Separation of Duties in SQL Server 2014. 2013. P. 3–4, 12–15.
6. *Introduction to Data Quality Services* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://msdn.microsoft.com/en-us/us-en/library/ff877917%28v=sql.120%29.aspx> (дата обращения: 6.03.2016).

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ СИСТЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДИКТОРА ПО ГОЛОСУ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ГАУССОВОЙ СМЕСИ И КОЭФФИЦИЕНТОВ ЛИНЕЙНОГО ПРЕДСКАЗАНИЯ

М.О. Гензе, студент каф. КИБЭВС

Научный руководитель И.А. Рахманенко, аспирант каф. КИБЭВС

г. Томск, ТУСУР, genzemike1993@gmail.com

Задача идентификации диктора по голосу была поставлена более 40 лет назад и до сих пор находит широкое применение в области речевых технологий. Решение этой задачи может найти применение в криминалистике, радиоразведке, контрразведке, антитеррористическом мониторинге, обеспечении безопасности доступа к физическим объектам, информационным и финансовым ресурсам [1].

Такое широкое применение идентификации диктора обусловлено рядом преимуществ, главным из которых является неразрывность признака и его носителя. Голос невозможно потерять, нельзя передать другому лицу, нельзя забыть, он не может быть украден. Помимо этого, голос выделяется среди других средств биометрии тем, что не является статической характеристикой носителя, что значительно повышает сложность его фальсификации. Однако для успешной работы системы идентификации по голосу необходимо обеспечить приемлемую точность распознавания диктора.

В данной работе проведен анализ точности системы верификации [3], основанной на применении модели гауссовой смеси и коэффициентов линейного предсказания (LPC-коэффициенты) в качестве речевых признаков.

Значения равной ошибки первого и второго рода (EER) в зависимости от количества LPC-коэффициентов

Количество признаков	ERR
4	4,6667
5	3,1111
6	3,3333
7	4,0000
8	2,8889
9	3,6666
10	3,0000
11	3,1111
12	3,0000

Для проведения эксперимента был выбран набор аудиозаписей 25 различных дикторов мужского пола. Каждому из дикторов принадлежит по 50 аудиозаписей. Обучение системы верификации для каждого из дикторов производилось с использованием 35 аудиозаписей. Оставшиеся 15 были использованы на этапе тестирования системы.

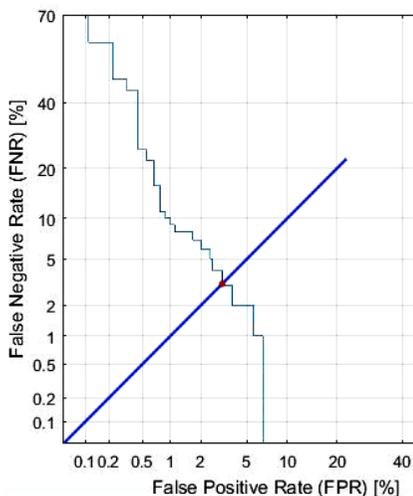
В качестве показателя эффективности биометрической системы была выбрана EER (Equal Error Rate)

оценка. Зависимость данного показателя от количества используемых LPC коэффициентов представлена в таблице.

В системах верификации возникают ошибки двух типов. Ошибка ложного допуска заключается в принятии положительного решения (о сходстве) при сравнении шаблонов двух разных пользователей. Принятие решения о различии образцов в то время, как они принадлежат одному пользователю, называют ошибкой ложного недопуска. Оба типа ошибок зависят от порога принятия решений [2].

На рис. 1 представлена динамика значения вероятности ложного допуска в зависимости от порогового значения принятия решения системой верификации для 8 LPC-коэффициентов. В данном случае EER оценка принимает значение 2,889%, что и является минимальным среди всех полученных значений.

Рис. 1. Зависимость вероятности пропуска злоумышленника от вероятности отказа целевому диктору



На основе проведенного исследования можно сделать вывод, что коэффициенты линейного предсказания можно использовать в качестве вектора признаков для систем идентификации по голосу, наименьшая ошибка достигается при использовании 8 LPC-коэффициентов. Однако достигаемая ошибка все еще достаточно велика для применения в реальных задачах, необходимо найти дальнейшие пути увеличения точности системы идентификации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сорокин В.Н., Вьюгин В.В., Тананыкин А.А. Распознавание личности по голосу: аналитический обзор / Институт проблем передачи информации. Российская академия наук. М., 2012. С. 1–30.
2. Первушин Е.А. Обзор основных методов распознавания дикторов // Математические структуры и моделирование. 2011. С. 41–54.
3. Рахманенко И.А., Мецержков Р.В., Коцубинский В.П. Автоматическая идентификация диктора по голосу с использованием гауссовых смесей и метода опорных векторов // Сб. тр. 1-й Всерос. акустической конф. Томск, 2014. С. 21–26.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ СТРУКТУРНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕЧЕТКИХ АППРОКСИМАТОРОВ

И.В. Горбунов, м.н.с. каф. КИБЭВС

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

В статье представлено сравнение алгоритмов структурной идентификации двух нечетких систем для задач аппроксимации: система типа синглтон [1] и нечеткая система Такаги–Сугено [2].

Цель работы в сравнении точности вывода нечетких аппроксиматоров построенных с применением следующих алгоритмов алгоритмов: 1) алгоритм пчелиной колонии для генерации правил нечеткой системы (АПКГП); 2) алгоритм динамической структурной идентификации для нечетких систем типа Такаги–Сугено (АДСИТС).

Кратко охарактеризуем оба сравниваемых алгоритма.

Алгоритм АПКГП служит для формирования базы правил нечеткого аппроксиматора с целью получить базу правил гарантированно лучше случайного заполнения. Основан данный алгоритм на поведении медоносных пчел в процессе добычи нектара.

Алгоритм соединяет в себе две концепции поиска решения: пчелы-разведчики, используя методологию случайного поиска, исследуют все пространство поиска, а рабочие пчелы, реализуя идею локального поиска, занимаются улучшением ранее найденных решений. Алгоритм генерирует заданное количество правил. Подробно алгоритм представлен в статье [3].

Алгоритм АДСИТС построен на идее выявления региона из пространства поиска с максимальной ошибкой, оценивает эту максимальную ошибку относительно разброса по каждой из осей, на основе оценок определяет, какой терм по какой оси необходимо разделить на два терма, после чего процесс повторяется. Алгоритм работает, пока не будет достигнута заданная ошибка или ошибка вывода нечеткой системы перестает изменяться. Подробно алгоритм представлен в статьях [4, 5].

Вне зависимости от используемого алгоритма структурной генерации для формирования консеквентов нечеткого аппроксиматора типа синглтон используется метод ближайшего соседа [6], а для задания консекветов нечеткой системы Такаги–Сугено используется рекуррентный метод наименьших квадратов на основе фильтра Калмана [7].

Схема эксперимента. Эксперимент проведен на разделённых на части наборах данных из репозитория KEEL (<http://keel.es>) по методу кроссвалидации при соотношении обучающих данных к тестовым как

80 к 20%. Для тестов использованы наборы данных Diabets, Ele-2, Mortgage, Plastic, Quake, Wizmir.

Эксперимент заключается в построении нечеткого аппроксиматора путем инициализации нечеткой системы заданием одного правила состоящего из одного терма, по каждому входному параметру, покрывающего весь интервал определения. Затем применяется один из алгоритмов структурной идентификации – АПКГП или АДСИТС. Алгоритмом АПКГП будет сгенерировано 20 правил, а алгоритм АДСИТС будет генерировать правила, пока ошибка перестанет изменяться. Поскольку алгоритм АПКГП стохастический, то на каждом варианте разбиения было построено по 5 вариантов нечетких систем. Сравнение эффективности проводится по результатам после инициализации и после структурной идентификации, что позволит оценить улучшение точности вывода вследствие применения алгоритмов структурной идентификации.

Оценкой эффективности каждого алгоритма будет служить точность вывода нечеткого аппроксиматора, рассчитываемая по формуле

$$MSE(\theta) = \frac{1}{2n} \sum_{p=1}^n [t_p - y_{\theta}(\mathbf{x}_p)]^2, \text{ где } n - \text{количество строк в таблице}$$

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

В табл. 1 представлены основные характеристики наборов данных.

Таблица 1

Характеристики наборов данных

Название	Строк	Входных параметров	Название	Строк	Входных параметров
Diabets	43	2	Plastic	1650	2
Ele-2	1056	4	Quake	2178	3
Mortgage	1049	15	Wizmir	1461	9

В следующем разделе будут представлены результаты и их анализ.

Анализ результатов. В табл. 2 представлены усреднённые ошибки MSE в задаче аппроксимации, где КП – усредненное количество правил; avg – среднее значение MSE4 а sd – стандартное отклонение значений MSE от avg; ИС – инициализация нечеткой системы типа синглтон; ИТС – инициализация нечеткой системы типа Такаги–Сугено; АПКГП С – структурная идентификация выполнена алгоритмом АПКГП для нечеткой системы типа синглтон; АПКГП ТС – структурная идентификация выполнена алгоритмом АПКГП для нечеткой системы типа Такаги–Сугено.

Таблица 2

Усредненные ошибки аппроксимации после этапа генерации

Набор данных	Обучающая выборка				Тестовая выборка						
	Алгоритм	КП	avr	sd	avr	sd	КП	avr	sd	avr	sd
Diabets						Plastic					
ИС	1	2,9E-01	7,8E-02	2,9E-01	1,9E-01	1	6,3E+00	9,5E-02	6,3E+00	3,8E-01	
ИТС	1	2,1E-01	6,6E-02	2,5E-01	9,9E-02	1	1,2E+00	1,5E-02	1,2E+00	5,8E-02	
АПКГП С	21	1,6E-02	5,2E-03	2,2E-01	7,6E-02	21	1,2E+00	5,0E-02	1,3E+00	1,0E-01	
АПКГП ТС	21	1,6E-01	2,4E-02	2,3E-01	5,9E-02	21	1,2E+00	1,4E-02	1,2E+00	5,4E-02	
АДСИТС	14	2,0E-01	2,2E-02	2,6E-01	6,6E-02	16,4	1,2E+00	1,5E-02	1,2E+00	5,8E-02	
Ele-2						Quake					
ИС	1	7,4E+06	4,3E+04	7,3E+06	1,6E+05	1	3,9E-02	7,8E-03	3,9E-02	7,6E-03	
ИТС	1	1,4E+04	4,2E+02	1,4E+04	1,4E+03	1	1,9E-02	6,5E-04	2,0E-02	1,0E-03	
АПКГП С	21	2,4E+04	8,5E+03	2,6E+04	9,2E+03	21	1,7E-02	2,7E-04	1,8E-02	1,1E-03	
АПКГП ТС	21	1,3E+04	4,0E+02	1,3E+04	8,1E+02	21	1,8E-02	2,5E-04	1,8E-02	1,1E-03	
АДСИТС	14,4	1,4E+04	5,5E+02	1,5E+04	1,6E+03	14,6	1,8E-02	2,9E-04	1,8E-02	1,2E-03	
Mortgage						Wizmir					
ИС	1	5,8E+00	2,6E-01	5,8E+00	1,1E+00	1	1,1E+02	2,3E+00	1,1E+02	6,5E+00	
ИТС	1	4,1E-01	9,7E-02	4,0E-01	1,1E-01	1	5,7E+01	4,5E+01	5,3E+01	4,1E+01	
АПКГП С	21	2,7E-01	1,5E-01	2,9E-01	1,8E-01	21	4,0E+00	4,1E-01	4,9E+00	8,1E-01	
АПКГП ТС	21	6,5E-03	3,6E-04	7,2E-03	1,5E-03	21	7,8E-01	1,8E-02	8,0E-01	7,5E-02	
АДСИТС	444	6,2E+00	6,6E+00	6,6E+00	7,3E+00	116	4,0E+02	5,5E+02	5,1E+02	7,4E+02	

По представленным результатам видно, что алгоритм АПКГП в большинстве случаев дает возможность получить более точный нечеткий аппроксиматор, чем другие алгоритмы. На наборах данных Plastic и Quake видно, что алгоритмы структурной идентификации не вносят существенного вклада в снижение ошибки вывода. Кроме того стоит обратить внимание, что в двух наборах (Diabets и Quake) использование полученной нечеткой системы сингльтон оказалось предпочтительнее, чем Такаги–Сугено.

Проведенные эксперименты показывают на возможность эффективно применять алгоритм АПКГП для построения нечетких аппроксиматоров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ходаишинский И.А. Идентификация нечетких систем на базе алгоритма имитации отжига и методов, основанных на производных // Информационные технологии. 2012. №3. С. 14–20.
2. Ходаишинский И.А., Горбунов И.В., Сарин К.С., Субханкулова С.Р. Алгоритмы структурной идентификации компактных и точных нечетких систем // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2016. №1 (27). С. 81–94.
3. Ходаишинский И.А., Горбунов И.В. Построения нечетких классификаторов на основе алгоритма пчелиной колонии // Тр. Всерос. конф. «Знания–Онтологии–Теории». 2011. Т. 2. С. 117–126.

4. Johansen T.A., Shorten R., Murray-Smith R. On the interpretation and identification of dynamic Takagi-Sugeno fuzzy models // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. 2000. № 8 (3), P. 297–313.

5. Лавыгина А.В. Формирование нечетких правил по данным наблюдений // Фундаментальные проблемы новых технологий в третьем тысячелетии: матер. 3-й Всерос. конф. молодых ученых. Томск: изд-во Института оптики атмосферной СО РАН, 2006. С. 682–684.

6. Rastegar S., Araújo R., Mendes J., Matias T., Emami A. Self-adaptive Takagi-Sugeno model identification methodology for industrial control processes // processing of the IECON–2014. 2014. Oct. 29 – Nov. Vol. 1. 2014. P. 281–287.

7. Jiménez A., Al-Hadithi B.M., Matía F. Extended Kalman Filter for the Estimation and Fuzzy Optimal Control of Takagi-Sugeno Model // Fuzzy Controllers, Theory and Applications. 2011. URL: <http://www.intechopen.com/books/fuzzy-controllers-theory-and-applications/extended-kalman-filter-for-the-estimation-and-fuzzy-optimal-control-of-takagi-sugeno-model>

ПРИМЕНЕНИЕ ЖАДНОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ОЦЕНКИ ИНФОРМАТИВНОСТИ ПРИЗНАКОВ ПРИ ПОСТРОЕНИИ НЕЧЕТКОГО КЛАССИФИКАТОРА

В.С. Ковалев, М.Б. Бардамова, студенты каф. КИБЭВС

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

г. Томск, ТУСУР, vitaly_979@mail.ru, 722bmb@gmail.com

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

Некоторые наборы данных, использующиеся в нечеткой системе, состоят из большого количества признаков и требуют значительных временных затрат для классификации. Однако не все признаки являются информативными, бывают и такие, которые затрудняют построение лингвистических термов и их дальнейшую оптимизацию, что приводит к значительному увеличению времени при обработке. Для анализа информативности признаков в наборе данных необходимо применять алгоритмы отбора признаков. В данной работе рассмотрен жадный алгоритм.

Нечеткий классификатор. Основой нечеткого классификатора являются таблица наблюдений и база нечетких правил [1]. Правила состоят из двух частей – антецедентной («Если» – части), где содержится утверждение о значении входных переменных, и консеквентной («То»-части), в которой помещается выходная переменная в виде метки класса.

С помощью лингвистических термов, строящихся по определенному алгоритму генерации, рассчитывается выход классификатора

через степень и функцию принадлежности. Далее определяется точность полученной системы.

Не всегда лингвистические термы генерируются таким образом, который позволяет получить наибольшую точность. Поэтому применяются алгоритмы оптимизации, изменяющие положение параметров термов – антецедентов [2]. В данной работе для оптимизации использовался алгоритм прыгающих лягушек.

Жадный алгоритм. Жадный алгоритм – алгоритм, заключающийся в принятии локально оптимальных решений на каждом этапе, допуская, что последующие и конечное решения окажутся оптимальными.

На первом шаге алгоритма оценивается точность на одном признаке и выбирается тот, который дает наибольшую точность. На втором шаге к нему поочередно прибавляют остальные признаки, выбирается комбинация с наибольшей точностью. Таким образом комбинация нарастает до истечения количества признаков.

Алгоритм прыгающих лягушек. Алгоритм прыгающих лягушек (FLA) имитирует поведение группы лягушек в процессе поиска пищи. Основой алгоритма является комбинирование локального поиска в пределах каждого из мемплексов (группы) и глобального поиска путем обмена информацией о положении лучших агентов этих мемплексов и определения на этой основе глобально лучшего агента [3].

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

- ring – 7400 образцов, 20 входных переменных, 2 класса;
- twonorm – 7400 образцов, 20 входных переменных, 2 класса;
- wdbc – 569 образцов, 30 входных переменных, 2 класса.

В табл. 1 представлены результаты работы нечеткого классификатора на трех наборах данных с использованием всех входных переменных.

Таблица 1

Построение нечеткого классификатора на исходных данных

Набор данных	Ring	Twonorm	Wdbc
Количество входных признаков	20	20	30
Точность	48,851	94,746	93,673

Результаты тестирования оптимизации параметров нечеткого классификатора алгоритмом прыгающих лягушек на вышеприведенных наборах данных даны в табл. 2.

В результате работы жадного алгоритма в двух наборах данных были исключены неинформативные признаки (табл. 3).

Таблица 2

Оптимизация вектора антецедентов на исходных данных

Наборы данных	Ring	Twonorm	Wdbc
Количество входных признаков	20	20	30
Точность на обучающей выборке	48,85	95,55	94,03
Оптимизация алгоритмом	97,72	97,74	95,64
Точность на тестовой выборке	48,85	94,74	87,33
Оптимизация алгоритмом	96,82	96,72	88,34

Таблица 3

Построение нечеткого классификатора на сокращенных данных

Набор данных	Ring	Twonorm	Wdbc
Количество входных признаков	1	20	12
Точность	58,388	94,746	97,189

Далее представлены результаты применения алгоритма оптимизации после использования жадного алгоритма (табл. 4).

Таблица 4

Оптимизация вектора антецедентов на сокращенных данных

Наборы данных	Ring	Twonorm	Wdbc
Количество входных признаков	1	20	12
Точность на обучающей выборке	58,39	95,55	97,19
Оптимизация алгоритмом	65,07	97,74	97,52
Точность на тестовой выборке	58,39	94,74	97,19
Оптимизация алгоритмом	64,91	96,72	98,21

Заключение. Результаты эксперимента показывают, что на определенных наборах данных жадный алгоритм позволяет исключить из выборки признаки, которые не влияют на классификацию или даже затрудняют её. Благодаря уменьшению количества входных данных сокращается время на построение и оптимизацию нечеткой системы и увеличивается точность классификации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ходашинский И.А., Дудин П.А.* Идентификация нечетких систем на основе непрерывного алгоритма муравьиной колонии // *Автометрия*. 2012. Т. 48, № 1. С. 45–71.
2. *Ходашинский И.А.* Метаэвристические методы оптимизации параметров нечетких классификаторов / И.А. Ходашинский, М.Б. Бардамова, В.С. Ковалев и др. // *Информационные и математические технологии в науке и управлении*. 2016. № 1 (27). С. 73–80.
3. *Narimani M.R.* A New Modified Shuffle Frog Leaping Algorithm for Non-Smooth Economic Dispatch // *World Applied Sciences Journal*. 2011. С. 803–814.

СРАВНЕНИЕ ЖАДНОГО АЛГОРИТМА И БИНАРНОГО ГАРМОНИЧЕСКОГО ПОИСКА ДЛЯ ОТБОРА ИНФОРМАТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ

М.А. Мех, студент каф. КИБЭВС

*Научный руководитель И.А. Ходаишинский, проф. каф. КИБЭВС, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, maxcimkj93@gmail.com*

Нечеткий классификатор формируется на основе некоторого обучающего набора данных. Данные часто содержат неинформативные признаки, исключение которых позволяет уменьшить вычислительную сложность классификатора и повысить точность. Отбор неинформативных признаков возможно реализовать с помощью дискретных метаэвристических алгоритмов. В данной работе будут рассмотрены жадный алгоритм (GA) [1] и алгоритм бинарного гармонического поиска (BHS) [2].

Нечеткий классификатор базируется на множестве нечетких правил вида

$$rl_j: \text{IF } T_{1,j} \text{ AND } T_{2,j} \text{ AND } \dots \text{ AND } T_{N,j} \text{ THEN } c_j,$$

где T_{ij} – i -й нечеткий терм j -го правила; N – количество признаков; c_j – метка класса, rl_j – j -е правило в базе; $j=1, RS$.

Каждый нечеткий терм описывает функцию принадлежности к некоторому нечеткому множеству и характеризуется набором параметров:

$$T_{i,j} = \langle t_1^{i,j}, t_2^{i,j}, \dots, t_S^{i,j} \rangle,$$

где $t_k^{ij} \in R$ – k -й параметр i -го терма j -го правила.

В итоге параметры всех термов каждого правила представляют множество параметров классификатора:

$$\theta = [t_1^{1,1}, t_2^{1,1}, \dots, t_1^{N,1}, \dots, t_S^{N,1}, \dots, t_1^{N,RS}, \dots, t_S^{N,RS}].$$

Точность нечеткого классификатора, т.е. процент правильной классификации, является важнейшей характеристикой и непосредственно зависит от описанных параметров. Задача поиска параметров, позволяющих получить максимальное значение точности, реализуется непрерывными алгоритмами оптимизации.

В то же время точность классификатора зависит от используемой группы признаков набора данных. Группа признаков может быть представлена как:

$$A = [a_1, a_2, \dots, a_{AS}],$$

где $a_i = 0$ – признак исключен, $a_i = 1$ – признак выбран.

Поиск группы информативных признаков набора данных, при которых точность классификатора достигает максимума, осуществляет дискретный алгоритм оптимизации.

Основная задача работы заключается в сравнении эффективности дискретных алгоритмов бинарного гармонического поиска и жадного алгоритма в отборе информативных признаков в данных относительно функционирования нечеткого классификатора.

Информативность группы признаков оценивается точностью классификатора с параметрами, оптимизированными непрерывным алгоритмом на данной группе.

В качестве непрерывного алгоритма оптимизации в данной работе использовался алгоритм гармонического поиска [3].

Ход работы. Жадный алгоритм в ходе отбора признаков действует по аналогии с задачей выбора заявок, описанной в учебном пособии [1]. Изначально происходит случайный выбор первого признака из общего множества, следующим выбирается признак, позволяющий максимально увеличить точность классификатора по сравнению с добавлением других возможных признаков. Таким образом, отбирается изначально заданное количество признаков из общего множества. В итоге отбирается несколько групп всех возможных размеров по количеству признаков, среди которых определяется лучшая группа по точности системы.

В случае алгоритма бинарного гармонического поиска изначально производится случайная генерация популяции различных групп признаков. Далее на каждой итерации создается новая группа признаков на основе случайно выбранной из популяции. Если новая группа признаков предоставляет большую точность классификатора, то данная группа заменяет в популяции худшую. По выполнении всех итераций алгоритм возвращает лучшие признаки.

Эксперимент. В работе рассматриваемые алгоритмы тестировались на данных репозитория KEEL (<http://www.keel.es>), описанных в табл. 1.

Таблица 1

Описание наборов данных

Название	Признаки	Образцы	Классы
1. Hepatitis	19	80 (155)	2
2. Vehicle	18	846	4
3. Segment	19	2310	7
4. Spambase	57	4597	2
5. Thyroid	21	7200	3

В табл. 2 приведены результаты тестирования алгоритмов бинарного гармонического поиска и жадного алгоритма в совокупности с алгоритмом непрерывного гармонического поиска (НС), где #N – количество отобранных информативных признаков, #T – тестовая точность классификатора на отобранной группе признаков.

Таблица 2

Результаты тестирования

Набор данных	GA+HS		BHS+HS		Точность на полном наборе признаков
	#N	#Т	#N	#Т	
1. Hepatitis	2	88,09	9	90,53	91,93
2. Vehicle	9	57,67	10	62,12	56,97
3. Segment	6	89,70	8	93,25	78,53
4. Spambase	20	85,53	30	87,14	86,60
5. Thyroid	14	99,56	13	99,36	99,42

Заключение. На основании результатов эксперимента существует возможность утверждать, что жадный алгоритм, как и алгоритм бинарного гармонического поиска, являются эффективными для отбора информативных признаков. Однако жадный алгоритм на приведенных наборах данных отсекает большее количество признаков в отличие от бинарного гармонического поиска, но при этом точность классификатора на полученных группах признаков ниже.

Из этого можно сделать вывод, что жадный алгоритм окажется более эффективным в задачах с приоритетом в уменьшении признаков, а бинарный гармонический поиск в задачах с приоритетом в точности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К.* Алгоритмы: построение и анализ / под ред. И.В. Красикова. 2-е изд. М.: Вильямс, 2005. 1296 с.
2. *Wang L., Xu Y., Mao Y., Fei M.* A Discrete Harmony Search Algorithm // Life System Modeling and Intelligent Computing. 2010. С. 37–43.
3. *Geem Z.W., Kim J.H., Loganathan G.V.* A new heuristic optimization algorithm: harmony search // Simulation. 2001. Vol. 76. С. 60–68.
4. *Ходашинский И.А.* Алгоритм гармонического поиска для оптимизации параметров нечетких классификаторов / И.А. Ходашинский, М.А. Мех // Матер. VII Всерос. науч.-техн. конф. «Робототехника и искусственный интеллект». Железногорск, 2015. С. 136–140.

**СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ
ДИКТОРА ПО ГОЛОСУ НА ОСНОВЕ GMM-UBM-МОДЕЛИ
И МЕЛ-КЕПСТРАЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ**

И.А. Рахманенко, аспирант каф. КИБЭВС

*Научный руководитель Р.В. Мещеряков, проф. каф. КИБЭВС, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, ria@keva.tusur.ru*

Различные исследования проводятся в области облегчения пользователям процесса аутентификации при контроле доступа в различных системах. Использование символьных паролей – достаточно эффективный метод аутентификации, однако он обладает таким недос-

татком, как проблема запоминания сложных паролей, которые требуются для обеспечения защищенности системы аутентификации.

Одним из решений данной проблемы могло бы быть применение голосовой аутентификации, проведение подтверждения личности по голосу. Однако применение методов подтверждения личности по голосу возможно только в том случае, когда точность такой системы является высокой. Однако системы, существующие в настоящий момент, обладают большими ошибками, что не позволяет их использовать в реальных системах аутентификации. В настоящее время точность автоматических, текстонезависимых систем голосовой аутентификации составляет порядка 90–95% [1]. Целью проведенного исследования является повышение точности идентификации по голосу, что позволит решить данную проблему.

Ключевое значение для точности системы голосовой идентификации играет набор признаков, извлекаемых из аудиозаписи. Наиболее часто используемые признаки – мел-кепстральные коэффициенты (MFCC, Mel-Frequency Cepstral Coefficients). Данные коэффициенты дают возможность отразить спектральную структуру голоса, что позволяет эффективно использовать при решении задач идентификации по голосу [2]. Это происходит благодаря тому, что спектр отражает структуру речевого тракта человека, которая является основным физиологическим фактором, позволяющим различать голоса.

Схема получения мел-кепстральных коэффициентов такова: на интервале времени в 20 мс вычисляется текущий спектр мощности, а затем применяется обратное преобразование Фурье от логарифма этого спектра (кепстр) и находятся коэффициенты кепстра [1]. Достоинством кепстральных коэффициентов является простота их вычисления, благодаря чему их можно вычислять в реальном времени.

Эксперимент был проведен с применением речевого корпуса с записями 50 дикторов, по 25 человек мужского и женского пола. Данные записи – предложения из художественной литературы и поговорок, прочитанные без предварительной подготовки [3]. В качестве системы верификации диктора использовалась система, основанная на GMM-UBM подходе [4]. Для обучения UBM-модели использовались записи 30 дикторов. Обучение и тестирование моделей дикторов производились на записях оставшихся 20 дикторов.

Для оценки точности распознавания применялся такой показатель как равная ошибка 1-го и 2-го рода (EER, Equal Error Rate). Данный показатель позволяет произвести интегральную оценку точности системы верификации вне зависимости от области ее применения. Кроме того, была произведена оценка на основе функции потерь (dcf, Decision Cost Function), которая позволяет задать больший вес одной из

Значения равной ошибки первого и второго рода (EER) и функции потерь (dcf) в зависимости от количества MFC-коэффициентов n

n	EER, %	dcf
2	16,13	8,403
3	11,32	5,967
4	8,50	5,090
5	6,50	3,702
6	5,29	2,815
7	4,68	2,465
8	4,21	2,451
9	3,42	2,396
10	3,00	1,858
11	2,79	1,627
12	2,29	1,364
13	1,89	1,232
14	1,61	1,208
15	1,76	1,184
16	1,89	1,160
17	2,00	1,129
18	2,00	1,227
19	2,00	1,182
20	1,55	1,275

ошибок. Полученные результаты исследования зависимости точности распознавания от количества признаков мел-кепстральных коэффициентов приведены в таблице.

На рис. 1 изображена DET-кривая, изображающая соотношение между ошибкой 1-го и 2-го рода для GMM-UBM-системы, использующей 14 мел-кепстральных коэффициентов.

На основе проведенного исследования можно сделать следующие выводы: с увеличением количества используемых мел-кепстральных коэффициентов точность верификации диктора увеличивается до 14 коэффициентов, далее точность падает. Следовательно, оптимальное количество используемых коэффициентов в системе голосовой идентификации – 14. В дальнейшем планируется провести исследование

других векторов признаков в рамках GMM-UBM-подхода.

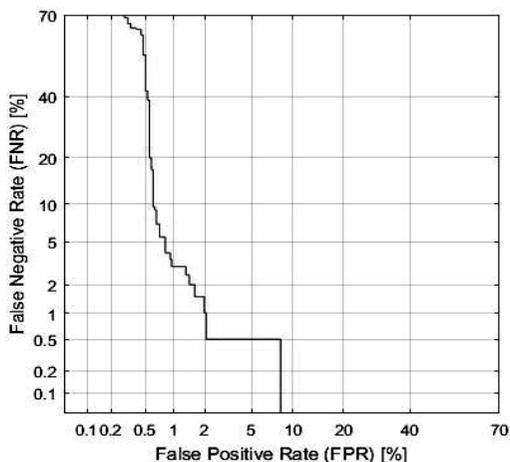


Рис. 1. Зависимость вероятности пропуска злоумышленника от вероятности отказа целевому диктору

ЛИТЕРАТУРА

1. Сорокин В.Н., Вьюгин В.В., Тананыкин А.А. Распознавание личности по голосу: аналитический обзор // Информационные процессы. 2012. Т. 12, №1. С. 1–30.
2. Atal B. Automatic recognition of speakers from their voices // Proc. IEEE 1976. Vol. 64. P. 460–475.
3. Хлебников В.С., Черных Д.В. Создание речевого корпуса для систем автоматического распознавания речи // IV Междунар. студенческая науч.-практ. конф. «Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания». 2006. Ч. 2.
4. Reynolds D.A. Comparison of background normalization methods for text-independent speaker verification //Fifth European Conference on Speech Communication and Technology. 1997.

«АЛГОРИТМ ОБЕЗЬЯН» ДЛЯ НАСТРОЙКИ НЕЧЕТКОГО КЛАССИФИКАТОРА

С.С. Самсонов, студент каф. КИБЭВС

Научный руководитель И.А. Ходашинский, проф. каф. КИБЭВС

г. 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 годах прошлого века начали интенсивно разрабатывать стохастические алгоритмы оптимизации. В статье будет рассмотрен один из алгоритмов, называемых поведенческими, интеллектуальными, метаэвристическими или вдохновленными природой [1].

Целью данной работы является описание применения «алгоритма обезьян» для оптимизации параметров нечеткого классификатора.

Нечеткий классификатор. Рассматривается нечеткий классификатор (НК), i -е правило которого имеет следующий вид [2]:

ЕСЛИ $x_1 = A_{1i}$ И $x_2 = A_{2i}$ И...И $x_n = A_{ni}$ ТО $y = c_j$,

где $\mathbf{x} = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ – вектор признаков классифицируемого объекта; A_{ki} – нечеткий терм, характеризующий k -й признак в i -м правиле ($i \in [1, R]$), R – число правил; c_j – идентификатор j -го уровня, $j \in [1, m]$.

Нечеткая классификация описывается функцией

$$f: \mathfrak{X}^n \rightarrow [0,1]^m,$$

которая относит объект к каждому классу с определённой степенью принадлежности, вычисленной следующим образом:

$$\beta_j(\mathbf{x}) = \sum_{k=1}^n \prod_{R_{jk}} A_{ki}(x_k), j = \overline{1, m}.$$

Выходом классификатора является класс, определяемый следующим образом: $\text{class} = c_{j^*}, j^* = \arg \max_{1 < j < m} \beta_j$.

Нечеткий классификатор может быть представлен как функция

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

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

Пусть дано множество обучающих данных (таблица наблюдений) $\{(\mathbf{x}_p : c_p), p = \overline{1, z}\}$, определим следующую функцию:

$$\text{delta}(p, \boldsymbol{\omega}) = \begin{cases} 1, & \text{если } c_p = f(\mathbf{x}_p, \boldsymbol{\omega}), p = \overline{1, z}, \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

тогда численный критерий качества классификации выражается следующим образом:

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

Проблема настройки НК сводится к проблеме поиска максимума заданной функции в многомерном пространстве, координаты которого соответствуют параметрам нечеткой системы.

Описание алгоритма. Алгоритм обезьян – это алгоритм, имитирующий поведение обезьян. В работе описаны основные составляющие алгоритма, представление решения, процесс восхождения (движения вверх), процесс локального прыжка и процесс глобального прыжка [3].

Рассмотрим алгоритм, имитирующий движение обезьяны вверх:

Шаг 1. Для каждой обезьяны существует вектор $\boldsymbol{\omega}_t = (\omega_{t1}, \omega_{t2}, \dots, \omega_{tn})$, её позиция. Чтобы начать процесс движения, генерируется вектор $\Delta \boldsymbol{\omega} = (\Delta \omega_1, \Delta \omega_2, \dots, \Delta \omega_n)$, где

$$\Delta \omega_j = \begin{cases} a, & \text{если } q = \text{rand}(0,1) > 1/2, \\ -a, & \text{если } t \leq 1/2, \end{cases}$$

где $j = 1, 2, \dots, n$, а параметр $a (a > 0)$ называется длиной шага и выбирается в зависимости от исследуемой области.

Шаг 2. Высчитывается

$$f'_{ij}(\omega_t) = \frac{E(\omega_t + \Delta\omega) - E(\omega_t - \Delta\omega)}{2\Delta\omega_j},$$

где $j=1,2,\dots,n$.

Шаг 3. Вычисляется $z_j = \omega_{ij} + a * \text{sign}(f'_{ij}(\omega_t))$, $j=1,2,\dots,n$ для получения вектора $\mathbf{z} = (z_1, z_2, \dots, z_n)$.

Шаг 4. Если полученный вектор \mathbf{z} не противоречит требованиям построения НК, то позиции вектора ω_t заменяются на позиции вектора \mathbf{z} . Иначе ω_t остаётся неизменным. Шаги 1–4 повторяются до тех пор, пока не иссякнет количество возможных итераций.

Алгоритм локального прыжка:

Шаг 5. Случайно генерируются числа z_j из диапазона $(\omega_{ij} - b, \omega_{ij} + b)$, где $j=1,2,\dots,n$. Из них формируется вектор $\mathbf{z} = (z_1, z_2, \dots, z_n)$.

Шаг 6. Если значение $E(\mathbf{z}) > E(\omega_t)$ и значение вектора \mathbf{z} не противоречит требованиям построения НК, то позиции вектора ω_t заменяются на позиции вектора \mathbf{z} , иначе шаги 5, 6 повторяются, пока не иссякнет количество возможных итераций.

Алгоритм глобального прыжка:

Шаг 7. Случайно сгенерировать равномерно распределённое действительное число α из диапазона $[c, d]$ (диапазон глобального прыжка), где c, d – параметры алгоритма.

Шаг 8. Задать $z_j = \omega_{ij} + \alpha * (p_j - \omega_{ij})$, $j=1,2,\dots,n$, где

$$p_j = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \omega_{ij}, j=1,2,\dots,n,$$

M – количество обезьян в популяции, точка $\mathbf{p} = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ – текущее среднее положение для всех обезьян.

Шаг 9. Если полученный вектор \mathbf{z} не противоречит требованиям построения НК, и если значение $E(\mathbf{z}) > E(\omega_t)$, то позиции вектора ω_t заменяются на позиции вектора \mathbf{z} . Иначе ω_t остаётся неизменным. Шаги 7–9 повторяются, пока не иссякнет количество возможных итераций.

Шаг 10. Вывести самое лучшее решение.

Эксперимент. Для оценки эффективности работы нечёткой системы, настроенной вышеприведенным алгоритмом, были проведены тесты на наборах данных для классификации из репозитория KEEL: iris, balance, newthyroid, vura. Исследования проводились по схеме кроссвалидации, наборы разбивались на 5 файлов, 80% набора помещалось в обучающую выборку, 20% оставшиеся – в тестовую. Для каждой выборки проводилось по 5 прогонов.

Для всех наборов данных использовались треугольные функции принадлежности. В качестве параметров алгоритма было выбрано количество особей 30, итераций движения вверх 5, итераций прыжка 5, итераций кувырка 15, интервал локального прыжка 0,5, границы для глобального прыжка $-0,5$ и $0,5$ для левой и правой границы соответственно. Результаты работы алгоритма приведены в таблице.

Результаты работы алгоритма

	Количество правил	Обучающая выборка		Тестовая выборка	
		Среднее	СКО	Среднее	СКО
Iris	81	99,43	0,3590	94,13	3,1944
Newthyroid	243	94,12	1,6189	90,42	3,2968
Balance	81	94,41	0,5715	89,18	1,8785
Haberman	27	77,52	1,5294	70,39	2,7382

Заключение. Нечеткий классификатор, оптимизированный «алгоритмом обезьян», показал неплохие результаты. Небольшая разница между значениями обучающей и тестовой говорит об отсутствии переобучения. Большое количество правил является следствием использования не самого оптимального алгоритма генерации базы правил. В дальнейшем предполагается использование алгоритма формирования структуры на основе экстремумов значений в таблице наблюдений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпенко А.П. Популяционные алгоритмы глобальной поисковой оптимизации. Обзор новых и малоизвестных алгоритмов // Информационные технологии. 2012. №7. С. 1–3.
2. Ходаишинский И.А., Горбунов И.В. Построения нечетких классификаторов на основе алгоритма пчелиной колонии // Автометрия. 2012. Т. 48, № 1. С. 45–71.
3. Zhao R., Tang W. Monkey Algorithm for Global Numerical Optimization // Journal of Uncertain Systems. 2008. Vol. 2, № 3. P.165–176.
4. Chen X., Zhou Y., Luo Q. A Hybrid Monkey Search Algorithm for Clustering Analysis // The Scientific World Journal. 2014. Vol. 1. 16 p.

ГИБРИДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ КОМПАКТНЫХ И ТОЧНЫХ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ ТИПА ТАКАГИ–СУГЕНО

К.С. Сарин, ассистент каф. КИБЭВС

*Научный руководитель И.А. Ходашинский, проф. каф. КИБЭВС, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, sks@security.tomsk.ru*

Большой класс нелинейных систем может быть хорошо аппроксимирован нечеткими моделями типа Такаги–Сугено, описывающими пространство состояний локальными моделями линейного типа [1]. Несмотря на многочисленные преимущества этих систем, их широкое применение сдерживается трудностями, связанными с проектированием [2]. Чаще всего для этих целей используются методы кластеризации, метаэвристики и методы, основанные на производных [2, 3].

Построение нечеткой модели состоит из четырех основных этапов: 1) формирование исходных данных; 2) формирование структуры; 3) поиск оптимальных значений всех параметров, задействованных в нечеткой системе, т.е. нахождение значений консеквента (ТО-части правила) и параметров функций принадлежности (ФП) в антецеденте (ЕСЛИ-части) каждого правила на основе заданных критериев качества и метода оптимизации выбранного критерия; 4) проверка правильности модели [4].

Целью настоящей работы является описание технологии построение компактных и точных нечетких систем типа Такаги–Сугено (НСТС), содержащих оптимальное количество правил и обладающих приемлемой точностью аппроксимации.

Нечеткая система типа Такаги–Сугено задается правилами следующего вида:

ЕСЛИ $x_1=A_{1i}$ И ... И $x_n=A_{ni}$ ТО $y = d_{0i} + d_{1i}x_1 + \dots + d_{ni}x_n$.

Выход НСТС определяет следующее отображение:

$$f(\mathbf{x}; \boldsymbol{\theta}, \mathbf{D}) = \frac{\sum_{i=1}^R \mu_{A_{1i}}(x_1) \cdot \dots \cdot \mu_{A_{ni}}(x_n) \cdot (d_{0i} + d_{1i}x_1 + \dots + d_{ni}x_n)}{\sum_{i=1}^R \mu_{A_{1i}}(x_1) \cdot \dots \cdot \mu_{A_{ni}}(x_n)},$$

где \mathbf{x} – входной вектор, R – число правил, n – количество входных переменных; $\mu_{A_{ji}}$ – ФП j -й входной переменной; $\boldsymbol{\theta}$ – вектор параметров ФП; \mathbf{D} – вектор параметров линейных функций консеквентов правил НСТС.

На таблице наблюдений $T = \{(\mathbf{x}_p; y_p), p = 1, \dots, m\}$ критерий качества аппроксимации может быть выражен среднеквадратической функцией ошибки:

$$\text{MSE}(\boldsymbol{\theta}, \mathbf{D}) = \frac{\sum_{p=1}^m (y_p - f(\mathbf{x}_p; \boldsymbol{\theta}, \mathbf{D}))^2}{m}.$$

Цель построения НСТС – подбор структуры и параметров этих систем, при которых ошибка $\text{MSE}(\boldsymbol{\theta}, \mathbf{D})$ сведена к минимуму.

Ниже приведено описание этапов построения:

1. Формирование исходных данных. Построение НСТС базируется на данных наблюдений, однако пока не представляется возможным исключить в этом процессе участие эксперта, который решает следующие задачи: 1) задает таблицу наблюдений; 2) указывает входные переменные; 3) определяет тип ФП.

2. Формирование структуры. Для формирования структуры НСТС предлагается использовать два алгоритма: алгоритм динамического разбиения входного пространства (ДРВП), работающий с ФП треугольного типа, и алгоритм кусочно-линейной инициализации (КЛИ), использующий гауссовы ФП [5].

3. Оптимизация параметров. Для поиска оптимальных параметров antecedентов используется метаэвристический алгоритм «кукушкин поиск» [6]. Пошаговое описание алгоритма для нахождения параметров $\boldsymbol{\theta}$ дано в статье [7]. Поиск оптимальных параметров консеквентов \mathbf{D} выполняется рекуррентным методом наименьших квадратов [8].

4. Статистические информационные критерии. Компактность нечеткой системы определяется количеством antecedентных и консеквентных параметров в правилах, а также количеством самих нечетких правил в системе. В нашей работе компактность определяется как сумма количества правил и количества нечетких термов.

Для соблюдения компромисса между компактностью и точностью модели можно использовать три статистических информационных критерия: критерий AIC (Akaike Information Criterion), BIC (Bayesian Information Criterion), HQC (Hannan-Quinn Information Criterion) [9]:

$$\text{AIC} = \ln \text{MSE}(\boldsymbol{\theta}, \mathbf{D}) + \frac{2}{m} (m_a + 1 + cR),$$

$$\text{BIC} = \ln \text{MSE}(\boldsymbol{\theta}, \mathbf{D}) + \frac{\ln m}{m} (m_a + 1 + cR),$$

$$\text{HQC} = \ln \text{MSE}(\boldsymbol{\theta}, \mathbf{D}) + \frac{2 \ln(\ln m)}{m} (m_a + 1 + cR),$$

где m – количество наблюдений; m_a – общее число параметров нечеткой системы; R – число правил; c – эмпирический коэффициент, учитывающий относительную стоимость правил.

5. Технология построения. Входными для построения являются экспериментальные данные, выход – компактная и точная НСТС. Ниже приведено пошаговое описание предлагаемой технологии.

Шаг 1. Выполнить экспертное оценивание.

Шаг 2. Задать максимальное количество правил R_m .

Шаг 3. ЕСЛИ ФП гауссова типа,

ТО сгенерировать множество структур алгоритмом КЛИ, содержащим правил не больше R_m , перейти на шаг 4;

ИНАЧЕ ЕСЛИ ФП треугольного типа,

ТО сгенерировать множество структур алгоритмом ДРВП, содержащим правил не больше R_m , перейти на шаг 4;

ИНАЧЕ Выход.

Шаг 4. Оценить каждую полученную структуру статистическими информационными критериями АИС, ВИС, НҚС. Сформировать множество S , состоящее из структур с минимальным значением любого критерия среди структур с одинаковым количеством нечетких правил.

Шаг 5. Извлечь структуру из S ; $j:=0$; $MSEtra_0:=\infty$.

Шаг 6. $j:=j+1$.

Шаг 7. Оптимизировать параметры antecedентов θ алгоритмом «кукушкин поиск».

Шаг 8. Оптимизировать параметры antecedентов θ алгоритмом градиентного спуска.

Шаг 9. Оптимизировать параметры консеквентов D рекуррентным алгоритмом наименьших квадратов.

Шаг 10. ЕСЛИ $MSEtra_{j-1} > MSEtra_j$, ТО перейти на шаг 5.

Шаг 11. ЕСЛИ S не пусто, ТО перейти на шаг 4.

Шаг 12. Оценить каждую НСТС статистическими информационными критериями.

Шаг 13. ЕСЛИ система после оптимизации параметров показала результаты лучше по двум или более критериям, ТО выбрать оптимизированные системы и перейти на шаг 14.

Шаг 14. Выбрать НСТС путем ранжирования по сумме критериев.

Здесь $MSEtra$ обозначает среднеквадратическую ошибку вывода нечеткой системы на обучающей части таблицы наблюдений. Следует заметить, что все оценки критериев на шагах 4 и 12 проводились на тестовой части таблицы наблюдений, т.е. на данных, которые не входили в этапы формирования структур (шаг 3) и оптимизации параметров (шаги 7–10).

Заключение. В работе представлена технология построения компактных и точных НСТС. Для формирования структуры системы использованы алгоритмы КЛИ и ДРВП. Оптимизация параметров antecedентов нечетких правил выполнена с помощью метаэвристики «кукушкин поиск» и алгоритма градиентного спуска. Поиск оптимальных параметров консеквентов выполняется рекуррентным методом наименьших квадратов. Поиск компромисса между компактностью и

точностью на множестве сгенерированных систем обеспечивается применением статистических информационных критериев с последующим ранжированием.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Takagi T., Sugeno M.* Fuzzy identification of systems and its application to modeling and control // IEEE Transaction Systems, Man and Cybernetics. 1985. Vol. 15, № 1. P. 116–132.
2. *Farzaneh Y., Akbarzadeh Tootoonchi A.* A novel data reduction method for Takagi–Sugeno fuzzy system design based on statistical design of experiment // Applied Soft Computing. 2009. Vol. 9, № 4. P. 1367–1376.
3. *Valdez F., Melin P., Castillo O.* A survey on nature-inspired optimization algorithms with fuzzy logic for dynamic parameter adaptation // Expert Systems with Applications. 2014. Vol. 41, № 14. P. 6459–6466.
4. *Ходаишинский И.А.* Идентификация нечетких систем: методы и алгоритмы // Проблемы управления. 2009. № 4. С. 15–23.
5. *Сарин К.С., Ходаишинский И.А.* Три алгоритма генерации структуры нечеткой системы типа Такаги–Сугено // Знания – Онтологии – Теории (ЗОНТ–2015): матер. Всерос. конф. с междунар. участием. Российская академия наук, Сибирское отд.; Институт математики им. С.Л. Соболева, 2015. С. 124–132.
6. *Yang X.-S., Deb S.* Engineering optimisation by cuckoo search // Int. J. Mathematical Modelling and Numerical Optimisation. 2010. Vol. 1, № 4. P. 330–343.
7. *Ходаишинский 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.
8. *Сарин К.С., Медовник А.В., Ходаишинский И.А.* Нечеткий аппроксиматор значения плотности тока в пучке электронов форвакуумного плазменного источника // Доклады Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2015. № 4 (38). С. 161–165.
9. *Schwarz G.* Estimating the Dimension of a Model // The Annals of Statistics. 1978. Vol. 6. P. 461–464.

СОКРАЩЕНИЕ РАЗМЕРНОСТИ И ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ КЛАССИФИКАЦИИ НА ПРИМЕРЕ НАБОРА ДАННЫХ KDD CUP 1999

О.К. Сонич, студент каф. БИС

*Научный руководитель И.А. Ходаишинский, проф. каф. КИБЭВС, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, hia@keva.tusur.ru*

В данной работе исследуется исключение неинформативных признаков набора данных KDD-CUP, а также повышение точности определения нечетким классификатором типа соединения «нормальное» или «атака».

KDD-CUP содержит в себе записи о сетевых соединениях, собранных при помощи системы обнаружения вторжений. Соединение представляет собой последовательность TCP-пакетов, зафиксированную в определённые моменты времени, когда данные переходят между исходным и целевым IP-адресами. Каждое соединение помечено как нормальное или как атака. Используемый в рамках данного исследования набор данных содержит 41 признак, характеризующий сетевое соединение, 22 типа атак и 395216 записей. Нечеткий классификатор рассматривает лишь числовые признаки, и по этой причине исключаются категориальные признаки. Количество признаков в наборе данных сокращается до 38 [1].

Сокращать размерность признаков предлагается с помощью жадного алгоритма (GrCh), заключающегося в принятии локально оптимальных решений на каждом этапе, допуская, что конечное решение также окажется оптимальным. Алгоритм, направлен на увеличение числа признаков: признаки добавлялись по одному, на каждом шаге добавляется наиболее информативный признак, т.е. признак, при добавлении которого критерий приемлемости становится меньше всех. В роли критерия приемлемости выступает процент правильной классификации $E(\theta)$ [2].

С помощью алгоритма «Великий потоп» (GDA) предлагается повышать точность вывода нечеткого классификатора. «Великий потоп» – метаэвристика, построенная на основе имитации процесса затопления участка земли. Задачей является пройти по земле, не наступая в воду, с достижением максимальной высоты [3].

Основные обозначения алгоритма: x_i^o – текущее решение; x_i^c – новое решение; $E(\theta_{cur})$ – текущее значение целевой функции; $E(\theta_{new})$ – новое значение целевой функции; UP – параметр, увеличивающий уровень воды; u – равномерно распределенное случайное число в интервале $[0, 1]$, p – нечетное целое, $LEVEL$ – критерий приемлемости, N – количество итераций, n – количество внутренних итераций, $minValueX$, $maxValueX$ – минимальное и максимальное значение входного вектора вещественных значений θ .

Принцип работы алгоритма в поэтапном изменении входного вектора вещественных значений θ , в поисках решения θ_{best} с минимальным значением оптимизируемой фитнес-функции $E(\theta)$. Псевдокод алгоритма представлен ниже.

Вход: θ , UP , p , N , n .

Выход: θ_{best}

$x_i^o := \text{Random}(\text{minValueX}, \text{maxValueX});$

$u := \text{Random}(0,1);$

$LEVEL := E(\theta_{cur});$

цикл пока ($N > 0$ или $(x_i^o - x_i^c) / x_i^o < 0.000001$)

цикл по i от 0 до n

$$x_i^c := x_i^o + (10 * u - 5)^p;$$

$$\theta_{\text{new}} := \theta[x_i^c];$$

если ($(E(\theta_{\text{new}}) < E(\theta_{\text{cur}}))$ и $(E(\theta_{\text{new}}) < LEVEL)$) то

$$\theta_{\text{cur}} := \theta_{\text{new}};$$

$$LEVEL := LEVEL - UP * (LEVEL - E(\theta_{\text{new}}));$$

конец цикла;

конец цикла;

вывод $\theta_{\text{best}} := \theta_{\text{cur}}$.

Эксперимент. В ходе эксперимента осуществлялся отбор информативных признаков на KDD-CUP жадным алгоритмом, на полученном наборе признаков осуществлялась дальнейшая оптимизация параметров нечеткого классификатора алгоритмом «Великий потоп». Исследования проводились по схеме кроссвалидации, т.е. набор предварительно разбивался на пять частей, из которых 80% помешалось в обучающую выборку, а остальные 20% – в тестовую. Для генерации структуры нечёткого классификатора использовался алгоритм формирования правил по экстремумам классов. В данной работе в качестве функций принадлежности использовались гауссоиды.

С помощью жадного алгоритма был сформирован набор данных состоящий их 8 информативных признаков, а алгоритм «Великий потоп» выполняется со следующими параметрами: количество итераций 10000, UP равен 10. Результаты работы жадного алгоритма для сокращения размерности сравниваются с такими аналогами, как генетический алгоритм (GA) и дискретный алгоритм минного взрыва (DMBA), работа непрерывного алгоритма Великий потоп сравнивается с работой метаэвристик алгоритма минного взрыва (MBA) и дифференциальной эволюции (DE) [4, 5].

Результаты проведения эксперимента представлены в таблице.

Результаты эксперимента

Алгоритм отбора	Результат		Обуч			Тест		
	Кол-во признаков	Непрерывный алгоритм	$E(\theta)$	ошибка		$E(\theta)$	ошибка	
				1-го рода	2-го рода		1-го рода	2-го рода
GA	14	DE	98,93	0,06	1,01	98,92	0,04	1,03
		MBA	98,31	0,24	1,49	98,92	0,21	1,5
DMBA	6	DE	94,34	0,24	5,49	94,34	0,29	5,37
		MBA	96,86	1,61	1,21	96,86	1,61	1,21
GrCh	8	GDA	96,34	2,31	1,3	96,34	2,36	1,29

Заключение. Как показали результаты экспериментов алгоритмы жадный и «Великий потоп» показывают высокий процент правильной классификации, сравнимый с аналогами.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Репозиторий* KEEL [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://keel.es/> (дата обращения: 1.03.2016).
2. *Hodashinsky I.A., Minina D.Y., Sarin K.S.* Identification of the parameters of fuzzy approximators and classifiers based on the cuckoo search algorithm // Optoelectronics. Instrumentation and Data Processing. 2015. Vol. 51. P. 234–240.
3. *Ravi V.* Modified Great Deluge Algorithm versus Other Metaheuristics in Reliability Optimization // Studies in Computational Intelligence. 2007. Vol. 40. P. 21–36.
4. *Sadollah A., Bahreininejad A., Eskandar H., Hamdi M.* Mine blast algorithm: A new population based algorithm for solving constrained engineering optimization problems // Applied Soft Computing. 2013. Vol. 13, № 5. P. 2592–2612.
5. *Storn R.* Differential Evolution – A Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Spaces // Journal of Global Optimization. 1997. Vol. 11. P. 341–359.

СРАВНЕНИЕ ЖАДНОГО АЛГОРИТМА И «МИННОГО ВЗРЫВА» ДЛЯ ОТБОРА ИНФОРМАТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ

С.Р. Субханкулова, студентка каф. КИБЭВС

*Научный руководитель И.А. Ходашинский, профессор каф. КИБЭВС, д.т.н.
г. Томск, ТУСУР, sophi1059@gmail.com*

При классификации объектов часто возникает проблема большой размерности пространства признаков, описывающих объект. Для решения данной проблемы используются различные методы, позволяющие выделить только значимые признаки. При этом точность классификации должна быть максимальной.

В данной работе использовались два алгоритма для отбора информативных признаков: жадный алгоритм и дискретный алгоритм «Минный взрыв». Целью работы является сравнение данных алгоритмов в соответствии с критерием точности классификации и количества усечённых признаков.

Жадный алгоритм (англ. Greedy algorithm – GA) – алгоритм, заключающийся в принятии локально оптимальных решений на каждом этапе, допуская, что конечное решение также окажется оптимальным [1].

Дискретный алгоритм «Минный взрыв» (MBAD) основан на идее поиска самой взрывоопасной мины, при активации которой всё поле очистилось бы от мин [2].

Эксперимент. Для сравнения вышеупомянутых алгоритмов были построены классификаторы на наборах данных из репозитория KEEL

(<http://www.keel.es>): monk-2, glass, wisconsin, wine, cleveland, vehicle, bands, sonar, iris. Набор данных разбивался на пять файлов, 80% набора помешалось в обучающую выборку, а остальные 20% – в тестовую. Для каждой выборки проводилось по 5 тестов. В качестве функций принадлежности использовались гауссоиды. Описание данных представлено в табл. 1.

Таблица 1

Описание наборов данных

Набор данных	Условное обозначение	Кол-во записей	Кол-во признаков	Кол-во классов
Iris	irs	150	4	3
Wine	wn	178	13	3
Glass	gl	214	9	7
Newthyroid	nth	215	5	3
Cleveland	cld	297	13	5
Monk-2	mnk	306	3	2
Bands	bnd	432	6	2
Wisconsin	wsn	699	9	2
Pima	pm	768	8	2
Sonar	snr	208	60	2
Vehicle	vhl	846	18	4

В ходе эксперимента сначала запускался MBAD. После работы дискретного MBA получался различный набор исключённых признаков. Поэтому изначально проводилось их ранжирование и выбирался один набор признаков, с которым далее работал непрерывный алгоритм «Минный взрыв» (MBA) [3].

В качестве параметров непрерывного и дискретного алгоритмов минного взрыва были выбраны количество осколков, равное 15, и количество итераций, равное 100.

Таблица 2

Результаты тестов

Алгоритм		Наборы данных				
		irs	wn	gl	nth	cld
		Количество правил				
		3	3	7	3	5
MBA	Обуч.	97,8	98,7	70,1	98,7	60,7
	Тест	94,4	94,6	62,7	95,8	55,0
MBAD+ MBA	Обуч.	97,9	99,5	69,8	99,0	61,2
	Тест	95,3	96,8	63,1	96,7	55,6
GA+ MBA	Обуч.	95,7	99,1	70,1	98,1	60,8
	Тест	95,3	95,6	60,2	95,8	57,5
Число усечённых признаков (MBAD)		1	3	2	1	4
Число усечённых признаков (GA)		3	7	4	2	4

Аналогично проводились тесты и для жадного алгоритма. Сначала запускался GA. На каждой нарезке, как правило, получался свой набор признаков. Поэтому далее запускался MVA для каждого из 5 наборов признаков и выбирался лучший результат.

В табл. 2, 3 приведены значения процента правильной классификации на обучающей (Обуч.) и тестовой (Тест) выборках, полученных в результате настройки нечётких классификаторов вышеупомянутыми алгоритмами.

Таблица 3

Результаты тестов

Алгоритм		Наборы данных					
		mnk	bnd	wsn	pm	snr	vhl
		Количество правил					
		2	2	2	2	2	4
MVA	Обуч.	92,67	70,13	97,02	78,99	78,46	49,44
	Тест	92,3	65,3	95,52	74,87	65,57	45,84
MBAD+ MVA	Обуч.	92,05	73,18	96,6	78,81	76,92	50,56
	Тест	91,2	66,96	94,7	74,66	66,18	47,39
GA+ MVA	Обуч.	52,78	73,16	96,41	78,58	80,29	54,1
	Тест	52,78	69,13	94,97	75,81	68,01	49,72
Число усечённых признаков (MBAD)		4	6	1	2	58	2
Число усечённых признаков (GA)		4	9	6	2	9	2

Заключение. Для сравнения жадного алгоритма и дискретного алгоритма «Минный взрыв» был использован критерий Вилкоксона. Значение критерия на обучающей выборке – 33, на тестовой – 66, достигаемый уровень значимости на обучающей выборке составил 0,041, на тестовой – 0,705. Это значит, что при обучении MBAD в совокупности с MVA показал себя лучше, чем GA и MVA, в то время как на тестовой выборке результаты данных алгоритмов не отличаются.

Но на шести выборках жадный алгоритм отобрал меньшее количество признаков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ / под ред. И. В. Красикова. 2-е изд. М.: Вильямс, 2005. 1296 с.
2. Ходашинский И.А., Горбунов И.В., Сарин К.С., Субханкулова С.Р. Алгоритмы структурной идентификации компактных и точных нечетких систем // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2016. №1 (27). С. 81–93.
3. Ходашинский И.А., Субханкулова С.Р. Идентификация параметров нечётких систем на основе алгоритма «Минный взрыв» // Информатика и системы управления. 2015. №2 (44). С. 89–98.

**ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА «BIRD SWARM»
ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ НЕЧЕТКОГО
КЛАССИФИКАТОРА**

М.О. Светлаков, студент каф. КИБЭВС

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

г. Томск, ТУСУР, rvvincl@gmail.com

Проект ГПО КИБЭВС-1211 «Нечеткие системы»

Математические средства отражения нечеткости исходной информации позволяют построить модель, применимую для классификации объектов при экспертно-аналитической деятельности. Для этого производится построение нечеткого классификатора на основе ЕСЛИ–ТО правил [1].

Цель данной работы состоит в оптимизации параметров системы нечёткого моделирования с помощью алгоритма Bird Swarm.

Нечеткий классификатор. В нечетком классификаторе i -е правило ЕСЛИ–ТО имеет следующий вид:

$$R_{ij} : \text{ЕСЛИ } x_1 = A_{1i} \text{ И } x_2 = A_{2i} \text{ И } \dots x_n = A_{ni} \text{ ТО } \text{class} = c_j ,$$

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 ($j \in [1, \dots, m]$).

Нечеткий классификатор может быть представлен функцией вида $c = f(\mathbf{x}, \boldsymbol{\theta})$, где $\boldsymbol{\theta}$ – вектор, описывающий базу правил; $E(\boldsymbol{\theta})$ – процент правильной классификации.

Вектор $\boldsymbol{\theta}$ представлен следующим образом:

$$\boldsymbol{\theta} = \left[E(\boldsymbol{\theta}), \theta_{1,1}^1, \theta_{2,1}^1, \theta_{3,1}^1, \theta_{1,2}^1, \theta_{2,2}^1, \theta_{3,2}^1, \dots, \theta_{i,j}^p, \dots, \theta_{3,3}^n, c_1, \dots, c_n \right]^T ,$$

где $\theta_{i,j}^p$ – i -й параметр j -го термина p -й переменной.

На основе таблицы наблюдений формируются нечеткие термы-треугольники, оптимизация параметров нечеткой системы сводится к поиску максимума $E(\boldsymbol{\theta})$ в многомерном пространстве [2].

Алгоритм BIRD SWARM. Алгоритм основан на результатах наблюдений за стайным поведением птиц [2].

Введем следующие условные обозначения: N – число всех особей в стае; FL , C , S , a_1 , a_2 – параметры алгоритма ($FL \in (0,1)$, $C > 0$, $S > 0$, $a_1 \in [0,2]$, $a_2 \in [0,2]$); M – максимальное число итераций,

D – размерность вектора θ_i ; $\theta_{i,j}^t$ – позиция каждой особи, соответствующая значению параметра термина некоторой переменной базы правил нечеткой системы ($i \in [1, \dots, N]$, $j \in [1, \dots, (D-n-1)]$; t – номер текущей итерации); $\text{rand}(a,b)$ – значение случайной равномерно распределенной величины в интервале (a,b) ; ε – наименьшая возможная константа; θ_0 – вектор, описывающий начальную базу правил; θ_{best} – вектор, описывающий оптимизированную базу правил.

Алгоритм:

1. Генерируем N особей, вычисляем для каждой значение критерия $E(\theta_i)$, находим особь с его лучшим значением из них (θ_{best}), $t = 0$.

2. Если $(t\%FQ \neq 0)$ и $\text{rand}(0,1) < P$, то вычисляем новую позицию каждой птицы по формуле

$$\theta_{i,j}^{t+1} = \theta_{i,j}^t + (p_{i,j} - \theta_{i,j}^t) * C * \text{rand}(0,1) + (g_j - \theta_{i,j}^t) * S * \text{rand}(0,1),$$

где $i \in [1, \dots, D]$; $p_{i,j}$ – лучшая предыдущая позиция i -й птицы и g_j – лучшая предыдущая позиция среди всех птиц стаи.

Если $\text{rand}(0,1) \geq P$, то используем формулу

$$\theta_{i,j}^{t+1} = \theta_{i,j}^t + A1 * (\bar{\theta}_j - \theta_{i,j}^t) * \text{rand}(0,1) + A2 * (p_{k,j} - \theta_{i,j}^t) * \text{rand}(-1,1),$$

$$A1 = a_1 * \exp\left(-\frac{p\text{Fit}_i}{\text{sumFit} + \varepsilon} * N\right),$$

$$A2 = a_2 * \exp\left(\left(\frac{p\text{Fit}_i - p\text{Fit}_k}{|p\text{Fit}_k - p\text{Fit}_i| + \varepsilon}\right) * \frac{N * p\text{Fit}_k}{\text{sumFit} + \varepsilon}\right),$$

где $k \in [1, \dots, N]$ ($k \neq i$), $p\text{Fit}_i$ – лучшее значение критерия $E(\theta_i)$ и sumFit – сумма всех лучших значений критерия (E_{best}).

3. Если $(t\%FQ \neq 0)$, то птица с наибольшим значением критерия перемещается следующим образом:

$$\theta_{i,j}^{t+1} = \theta_{i,j}^t + \theta_{i,j}^t * \text{randn}(0,1),$$

где $\text{randn}(0,1)$ – значение нормально распределенной случайной величины с $\mu = 0$ и $\sigma = 1$. Птица с наименьшим значением критерия перемещается следующим образом:

$$\theta_{i,j}^{t+1} = \theta_{i,j}^t + (\theta_{k,j}^t - \theta_{i,j}^t) * FL * \text{rand}(0,1),$$

где $k \in [1, \dots, N]$ ($k \neq i$). Для всех остальных птиц формула для вычисления новой позиции выбирается случайным образом из вышеприведенных двух формул.

4. Вычисляются новые решения критерия $E(\theta_i)$, обновляется лучшее решение (θ_{best}), $t=t+1$. Если ($t < M$), то переходим на шаг 2, иначе завершаем работу алгоритма.

Результаты эксперимента. Результаты оценки эффективности настроенного классификатора сопоставлены с результатами работы других алгоритмов [3] и приведены в таблице.

Результаты эксперимента

Набор данных		Ant-Miner	CORE	HIDER	B. Swarm
Iris	Обучающая	97,26	95,48	97,33	92,96
	Тестовая	96,00	92,67	96,67	92,53
Haberman	Обучающая	79,55	76,32	76,58	86,58
	Тестовая	72,55	72,87	75,15	68,06
Balance	Обучающая	73,65	68,64	75,86	80,97
	Тестовая	70,24	70,08	69,60	71,55
New-thyroid	Обучающая	99,17	92,66	95,97	91,66
	Тестовая	90,76	90,76	90,28	80,80

Заключение. Рассмотренный алгоритм применим для оптимизации параметров нечетких систем, что показали результаты эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Xian-Bing Meng, X.Z. Gao, Lihua Lu, Yu Liu & Hengzhen Zhang. A new bio-inspired optimization algorithm: Bird Swarm Algorithm // Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence. 2015.
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. Alcalá-Fdez J., Fernández A., Luengo J. et al. KEEL Data-mining software Tool: data, set repository, integration of algorithms and experimental analysis framework // Journal of Multiple-Valued Logic and Soft Computing. 2011. Vol. 17. P. 255–287.

АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА ЧАСТОТЫ ОСНОВНОГО ТОНА ВОКАЛЬНОГО ИСПОЛНЕНИЯ

А.Ю. Якимук, аспирант каф. КИБЭВС

*Научный руководитель А.А. Конев, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, yau@keva.tusur.ru*

Проблема определения частоты основного тона для речевого сигнала является одной из основных задач исследования характеристик голоса. Однако основное внимание в этом вопросе уделяется диапазону частот, соответствующему именно речевому сигналу. При пении человеческий голос занимает гораздо больший диапазон, чем при разговоре. С переходом от обработки речевого сигнала к оценке пения человека возникает возможность для проведения анализа для качественно нового по своим параметрам материала. Поэтому нами была поставлена задача сформировать алгоритм определения ноты с применением алгоритмов вычисления частоты основного тона.

В процессе исследования рынка программных средств на предмет возможности применения вспомогательных инструментов для обучения вокальному мастерству был осуществлен анализ соответствия заявленной в описаниях систем функции «распознавание нот». Результатом этого стал вывод о том, что существует несколько различных вариантов того, что производители понимают под этим.

Ряд программ, таких как Notation Composer и Finale, предполагает определение ноты в файлах, где эти ноты напечатаны на нотном листе, с целью дальнейшего прослушивания синтезированной из полученных нот мелодии и преобразования последовательности нот в случае необходимости. У некоторых программ, таких как WIDI Professional, определение исполненной ноты определяется путем анализа файлов midi, где исполняемые ноты указаны в явном виде при генерации подобных типов файлов. В приложениях для мобильных платформ определение нот рассматривается в том виде, где обучается этому именно пользователь. Другими словами, приложение исполняет некоторую ноту, а пользователю необходимо выбрать из вариантов ту, которая на его взгляд, сыграла в данный момент.

С учетом вышеуказанных недостатков программных средств в случае их использования для обучения вокальному мастерству был проведен анализ модели, представленной в [1], и алгоритма определения частоты основного тона (ЧОТ) и сегментации речевого сигнала [2]. В результате данного исследования применительно к распознаванию нот была получена тестовая программа, с помощью которой можно сформировать партитуру для нот диапазона частот от 70 до 400 Гц, исполненных пользователем [3]. На основе зафиксированных алгорит-

мом ЧОТ (рис. 1) определяются вокализованные участки (рис. 2), из которых уже делается вывод об исполненной ноте (рис. 3).

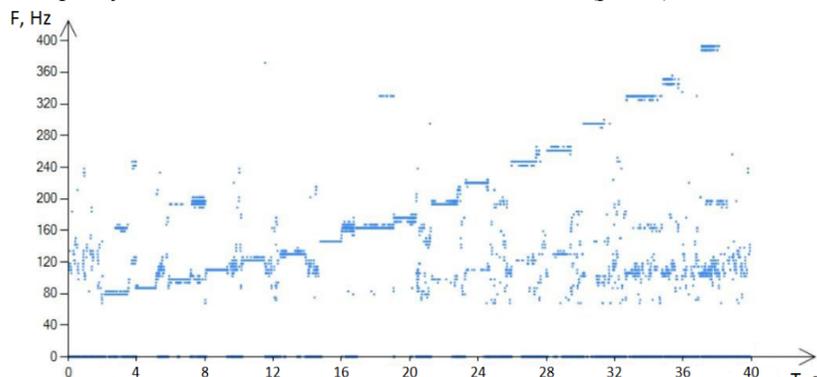


Рис. 1. Этап распознавания ноты – определение частоты основного тона

С учетом проведенного исследования, в ходе которого была определена точность определения исполненных нот, сформирован алгоритм, по которому будет определяться качество пения при обучении вокальному мастерству. На рис. 4 представлена схема этапов распознавания с учетом необходимых модификаций.

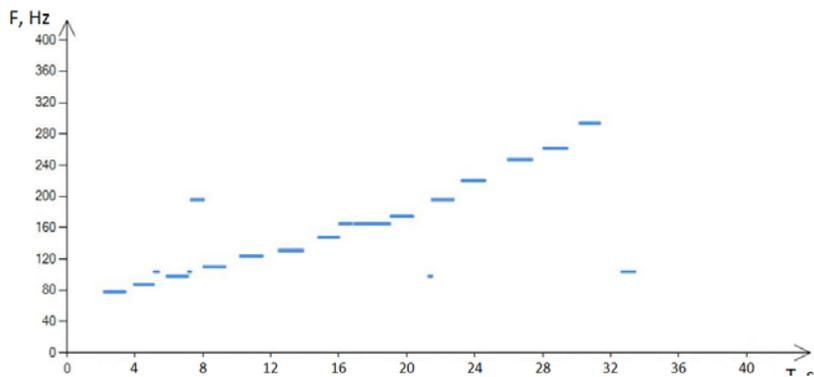


Рис. 2. Этап распознавания ноты – определение вокализованных участков



Рис. 3. Распознанные ноты

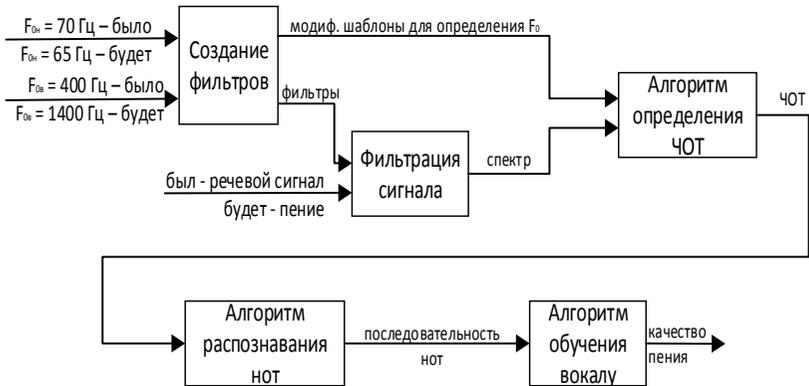


Рис. 4. Этапы определения качества пения

На этапе создания фильтров программа производит генерацию исходных инструментов для заявленной области обработки. Для этого в границах от нижней частоты $F_{0н}$ до верхней $F_{0в}$ по формулам создается набор фильтров, необходимый для преобразования речевого сигнала в его спектрограмму. Помимо этого, создается набор шаблонов, который сопоставляется с полученным после фильтрации сигнала спектром прослушанного сигнала. На основе поступивших данных алгоритмом определения ЧОТ программой выдается массив мгновенных значений частот F_0 . По разработанному в ходе исследования алгоритму получения нот на основе данного массива программой выдается заключение о том, какая последовательность нот была зафиксирована в речевом сигнале.

Для полноты алгоритма определения качества вокального исполнения на данном этапе не хватает алгоритма, который бы позволял давать пользователю задания и оценивать успешность их выполнения. Однако первоначально необходимо модифицировать работу текущих компонентов. В первую очередь, на этапе создания фильтров потребуется произвести расширение охватываемого алгоритмом диапазона частот до интервала, соответствующего среднестатистическому диапазону частот основного тона, воспроизводимому голосовыми связками при пении. В результате будет охватываться не только речевой сигнал (от 70 до 400 Гц), но и пение (65–1400 Гц). С учетом новых границ также потребуется произвести модификацию шаблонов, применяющихся для маскирования спектрограммы. В результате алгоритм позволит получать ЧОТ для нот, расположенных выше, чем соль первой октавы.

Таким образом, в ходе исследования было получено экспериментальное подтверждение допустимости применения алгоритмов вычисления ЧОТ речевого сигнала для задач идентификации ноты. При этом высокая точность определения нот делает возможным создание алгоритма определения качества исполнения ноты пользователем. В дальнейшей работе планируется расширить охватываемый диапазон частот с целью повышения диапазона распознаваемых нот.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Конев А.А.* Модель и алгоритмы анализа и сегментация речевого сигнала: дис. ... канд. техн. наук по специальности 05.13.18. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ / Томский гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники. Томск, 2007. 128 с.
2. *Бондаренко В.П., Конев А.А., Меццераков Р.В., Шелупанов А.А.* Математическое и программно-алгоритмическое обеспечение в задачах идентификации и распознавания речи // Вестник СибГАУ «Системная интеграция и безопасность». Спец. вып. 2006. С. 11–14.
3. *Конев А.А., Онищенко А.А., Костюченко Е.Ю., Якимук А.Ю.* Автоматическое распознавание музыкальных нот // Научный вестник НГТУ. 2015. № 3 (60). Новосибирск, 2015. С. 32–47.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМА «СЕРЫЙ ВОЛК» ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ НЕЧЕТКОГО КЛАССИФИКАТОРА

Д.В. Зарипов, студент каф. КИБЭВС

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

Проект ГПО КИБЭВС-1211 «Нечёткие системы»

На протяжении всего времени существования аналитики нередки случаи когда анализируемые данные имеют нелинейный, неопределенный характер, что может исключить возможность применения точных методов оценки или сильно затруднить её. В связи с этим нередким стало использование нечетких классификаторов, использующих для оптимизации различные алгоритмы [1].

В данной работе для настройки нечеткого классификатора будет использован алгоритм «Серый волк».

Нечеткая система. Нечёткая система может быть представлена как $y = f(x, \theta, r)$, где x – входной вектор, $\theta = \|\theta_1, \dots, \theta_N\|$ – вектор параметров антецедентов; $N = k^*$ (число параметров, описывающих одну функцию принадлежности)* (число термов, описывающих одну входную переменную); y – скалярный выход системы; $r = \|r_1, \dots, r_R\|$ – вектор параметров консеквентов.

В нечеткой системе типа Питсбургский классификатор, i -е правило имеет следующий вид:

IF $x_1 = A_{1i}$ AND $x_2 = A_{2i}$ AND ... AND $x_n = A_{ni}$ THEN $y = r_i$,
 где A_{ij} – лингвистический терм, которым оценивается переменная x_i ; r_i – значение консеквента i -го правила [2].

Нечёткую систему можно кодировать в виде вектора, который и будет обрабатываться нашим алгоритмом (рис. 1).

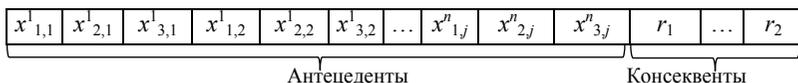


Рис. 1. Вектор параметров нечеткой системы

Алгоритм оптимизации серого волка. Наблюдения за охотой стаи «серых волков» привели к выводу о том, что в стае есть некая иерархическая зависимость; так, на вершине стоит альфа, далее бета, гамма и в конце – омега. Омеги во время охоты исполняют роль подчиненного и права голоса не имеют. 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 добычке, после всех перемещений стаи.

Рассмотрим пошаговую работу алгоритма.

1. Инициализация исходной стаи, а также вектора добычи:

$$x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*) \text{ – вектор добычи,}$$

$$x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}) \text{ – вектор волка.}$$

2. Находятся три ближайших к цели волка по алгоритму близкому к алгоритму Евклида. Наиболее близкий принимается за альфу, за ним – бета и гамма.

$$f_{(x_1 \dots x_n)} = \min \left\{ (x_1^* - x_1)^2 + (x_2^* - x_2)^2 + \dots + (x_n^* - x_n)^2 \right\}.$$

3. Вычисляются координаты волка, если он побежит к первым трем волкам.

Вычисляются векторы D_a, D_b, D_d и векторы X_1, X_3, X_2 :

$$\vec{D}_a = |\vec{C}_1 * \vec{X}_a - \vec{X}|, \quad \vec{D}_b = |\vec{C}_2 * \vec{X}_b - \vec{X}|, \quad \vec{D}_d = |\vec{C}_3 * \vec{X}_d - \vec{X}|.$$

$$\vec{X}_1 = \vec{X}_a - \vec{A}_1 * (\vec{D}_a), \quad \vec{X}_2 = \vec{X}_b - \vec{A}_2 * (\vec{D}_b), \quad \vec{X}_3 = \vec{X}_d - \vec{A}_3 * (\vec{D}_d).$$

Векторы \vec{A} и \vec{C} вычисляются:

$$\vec{A} = 2\vec{a} * \vec{r}_1 - \vec{a}; \quad \vec{C} = 2 * \vec{r}_2; \quad \vec{a} = 2 - 2 * \left(\frac{\text{itr}}{\max \text{itr}} \right),$$

\vec{X}_a – вектор альфы; \vec{X}_b – вектор беты; \vec{X}_d – вектор гаммы; r_1 и r_2 – генерирующиеся случайным образом векторы с максимальным значением, равным единице; itr – номер итерации (повторения); max itr – сколько повторений будет всего.

4. Нахождение новых координат волка посредством среднего арифметического из координат, полученных в прошлом действии:

$$\vec{x}(i,1) = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3}.$$

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 «Серый волк», оценивалась на наборах данных для классификации из репозитория KEEL: iris, balance, hayes-roth, newthyroid. Исследования проводились по схеме кроссвалидации, наборы разбивались на 5 файлов, 80% набора помещалось в обучающую выборку, 20% оставшихся – в тестовую. Для каждой выборки проводилось по 5 тестов.

Для всех наборов данных использовались треугольные функции принадлежности. В качестве параметров алгоритма было выбрано количество особей 16, итераций алгоритма 100.

Проценты отражают, сколько процентов особей из выборки было верно классифицировано.

Результаты работы алгоритма

	Обучающая выборка		Тестовая выборка	
	среднее	СКО	среднее	СКО
Iris	98,5	0,47	94,27	3,61
Balance	93,0	0,62	88,31	1,6
Hayes-roth	82,31	1,66	78,62	3,2
NewThyroid	97,35	0,63	94,05	2,91

Среднее является средним арифметическим по пяти результатам тестов, а СКО – среднеквадратическое отклонение также по пяти результатам тестов.

Заключение. Алгоритм «Серый волк» показал хорошую работу для оптимизации нечеткой системы на выборках: iris, balance, newthyroid. Его показательным отличием является простота реализации и интеграции в нечеткие системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Леоненков А.В.* Нечёткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH // БХВ-Петербург. 2005. 736 с.
2. *Ходаишинский И.А.* Идентификация нечетких систем: методы и алгоритмы. СПб.: Проблемы управления, 2009. № 4. С. 15–23.
3. *Mirjalili S., Lewis A.* Grey Wolf Optimizer //Advances in Engineering Software 69. 2014. P. 46–61.
4. *Madadi A., Mottagh M.* Optimal Control of DC motor using Grey Wolf Optimizer Algorithm // Technical Journal of Engineering and Applied Science. 2014. № 4-04. P. 373–379.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕГМЕНТАЦИИ КМСС И НЕЧЕТКОГО КЛАССИФИКАТОРА ТЕКСТУР ДЛЯ АНАЛИЗА ВИЗУАЛЬНЫХ СЦЕН

К.А. Костин, магистрант

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

г. Томск, НИ ТПУ, НИ ТГУ, kak@tpu.ru

В современном мире огромных объемов информации различного типа проблема эффективной индексации файлов в локальных и сетевых хранилищах является чрезвычайно актуальной. В частности, задача поиска и индексации файлов изображений и видео по их содержанию является еще не решенной, а её эффективное и быстрое решение является востребованным. На данный момент основная информация о содержании файлов основывается на сведениях, вводимых вручную пользователем-владельцем медиаконтента.

В качестве решения данной задачи предлагается применение нечеткого классификатора текстур, основанного на кластеризации текстурных характеристик Лавса обучающей выборки текстур с помощью нейронной сети «самоорганизующиеся карты Кохонена». В данной работе не будет поясняться принцип работы данного классификатора, его подробное описание представлено в [1]. Основным недостатком разработанного классификатора является то, что он классифицирует точки изображения и их окрестности, и если данная точка находится на пересечении кластеров текстурных характеристик, то значение функций принадлежности для неё для любых классов является очень низким, поэтому такие точки либо не могут быть классифицированы, либо классифицируются некорректно. В результате общее качество классификации снижается, и однозначно определить объект на изображении не представляется возможным.

Одним из решений данной проблемы является применение алгоритма сегментации к изображению для выделения целостных регионов

изображения, являющихся либо отдельным объектом, либо частью объекта. В качестве алгоритма сегментации в данной работе за основу взят алгоритм K-Means-with-Connectivity-Constraint (KMCC), использующий данные о цветовых, текстурных и геометрических характеристиках элементов изображения для объединения пикселей в регионы и затем объединения регионов. Подробное описание алгоритма приведено в работе [2].

Для того, чтобы оценить качество сегментации, был использован подход Data Driven Markov Chain Monte-Carlo (DDMCMC). Данный подход был описан в [3]. В данной работе было использовано вычисление вероятности сегментации $P(W)$ в соответствии с системой человеческого восприятия сегментов по формуле (1):

$$P(W) = p(k) \prod_{n=1}^K p(R_i) p(l_i) P(t) = \exp(-\lambda K - \sum_{n=0}^{K-1} (\mu \oint_{\partial R_i} dS - \gamma |R_i|^c + \nu |\theta_i|)), \quad (1)$$

где K – это количество регионов; R_i – i -й регион; l_i – граница i -го региона; $P(t)$ или θ_i – тип i -го региона; λ , μ , γ , ν – константы. Для данного эксперимента $\lambda = 0,25$; $\mu = 10,0$; $c = 0,25$; $\gamma = 2,0$, а параметр ν опущен, потому что KMCC не различает типов сегментов. В результате экспериментов, которые будут описаны в другой работе, были получены результаты того, что наиболее оптимальным является масштабированные изображения до размеров между 248×187 и 193×145 .

Полученные данные были использованы для проведения экспериментов по применению текстурного классификатора и алгоритма сегментации для анализа изображений и решения проблемы классификации точек, описанной в начале работы.

Результаты классификации сравниваются с результатами сегментации и, если большинство точек определенной области однозначно определяется как принадлежащее определенному классу, то весь сегмент считается относящимся к данному классу.

Для проведения эксперимента классификатор был обучен с помощью образцов текстур размером 50×50 десяти классов. Был проведен опыт по получению результатов классификации без применения данных о сегментации KMCC, а также с применением сегментации по KMCC. Примеры результатов эксперимента приведены на рис. 1.

Из полученных результатов видно, что проблему, связанную с классификацией данных смежных классов, удалось решить с помощью алгоритма сегментации KMCC. Результаты, полученные с помощью KMCC, с допустимой потерей до 30% некорректно отнесенных к другим сегментам пикселей корректно описывают классификацию отдельных объектов и областей изображения, что является достаточно близким к системе человеческого восприятия визуальных сцен.

В данной работе были проведены опыты по применению алгоритма сегментации с разработанным ранее нечетким текстурным классификатором для улучшения показателей эффективности классификации текстур на изображениях. Полученные результаты помогают решить проблему однозначной классификации региона или объекта визуальной сцены. В дальнейшем планируются работы по улучшению показателей производительности алгоритмов с помощью GPU, что позволит применить алгоритм для классификации объектов на видео.

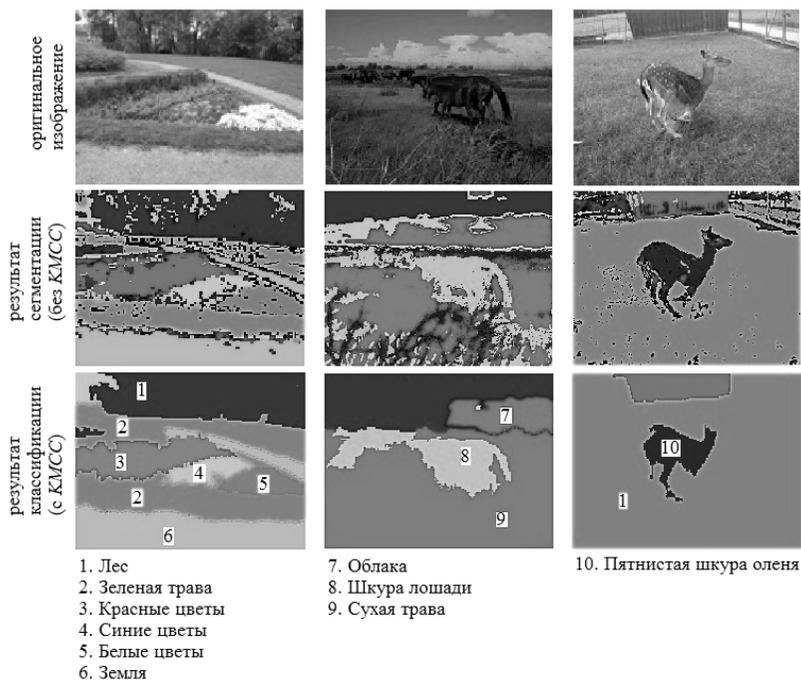


Рис. 1. Результаты классификации для трех изображений с указанием обнаруженных классов, полученные с помощью классификатора, обученного на десяти классах текстур с применением и без применения алгоритма сегментации КМСС

Исследование поддержано грантами Российского фонда фундаментальных исследований №14-07-00127, №16-29-09640 и №16-47-700289.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Axonov S., Kostin K. and Lycom D. A Texture Fuzzy Classifier Based on the Training Set Clustering by a Self-Organizing Neural Network // M. Yu. Khachay,*

N. Konstantinova, A. Panchenko, D.I. Ignatov, G.V. Labunets (eds.). Analysis of Images, Social Networks and Texts. 4th International Conference, AIST 2015, Yekaterinburg, Russia. April 9–11, 2015. Revised Selected Papers. Pattern Recognition and Machine Learning. Vol. 542. P. 178–187.

2. Noel O'Connor1, Sorin Sav, Tomasz Adamek ed al. Region and Object Segmentation Algorithms in the Qimera Segmentation Platform. 2010.

3. Zhuowen Tu, Song-Chun Zhu. Image Segmentation by Data-Driven Markov Chain Monte Carlo. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. May 2002. Vol. 24, № 5.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 3

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ

ПОДСЕКЦИЯ 3.1

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ

ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Председатель – Катаев М.Ю., проф. каф. АСУ, проф., д.т.н.

зам. председателя – Суханов А.Я., доцент каф. АСУ, к.т.н.

<i>Д.С. Жданов, И.С. Сидоренко, В.Ю. Белоусов</i> АЛГОРИТМ АНАЛИЗА АКУСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ БРОНХО-ЛЕГОЧНОЙ СИСТЕМЫ.....	21
<i>В.С. Боровик, В.В. Шатравин</i> РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫМ МАНИПУЛЯТОРОМ	24
<i>И.Е. Гусев, В.Д. Козодев, Т.С. Лодонов, Н.А. Ямщиков</i> ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫЙ ИНТЕРФЕЙС С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ.....	27
<i>Н.А. Котельникова</i> ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОХОДКИ ЧЕЛОВЕКА	28
<i>А.А. Климов, Е.В. Конохов, П.Е. Пугачев, А.А. Мышанский</i> МОБИЛЬНЫЙ РОБОТ ДЛЯ ОХРАННЫХ СИСТЕМ.....	31
<i>А.А. Мытник</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УЧЕБНЫМ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕМ.....	33
<i>В.А. Поваляева</i> ГЕНОМ ПОХОДКИ ЧЕЛОВЕКА	36
<i>А.А. Шалунов</i> РЕИНЖИНИРИНГ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ. ОБЗОР	39
<i>И.С. Сидоренко</i> ИССЛЕДОВАНИЕ АККУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ БРОНХО-ЛЕГОЧНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА И ВЫДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ	41
<i>В.А. Старовойтова</i> АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПОРТАТИВНЫХ УСТРОЙСТВ В МЕДИЦИНЕ	43
<i>С.Е. Юленков</i> АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «ИНТЕРНЕТ-ПРОВАЙДЕР» ДЛЯ ОФИСОВ ИНТЕРНЕТ-ПРОВАЙДЕРОВ ИЛИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ.....	46
<i>Д.В. Жулаева</i> СИСТЕМА УПРАВЛЯЕМОГО ФУТБОЛА АНТРОПОМОРФНЫХ РОБОТОВ	49

<i>А.А. Климов, П.Е. Пугачев</i> РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА АВТОНОМНОГО АВТОМОБИЛЯ С УПРАВЛЕНИЕМ ПО ДОРОЖНОЙ РАЗМЕТКЕ.....	52
--	----

ПОДСЕКЦИЯ 3.2
РАСПРЕДЕЛЁННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
И СИСТЕМЫ

Председатель – Ехлаков Ю.П., зав. каф. АОИ, проф., д.т.н.
зам. председателя – Сенченко П.В., декан ФСУ, доцент каф. АОИ, к.т.н.

<i>В.В. Григорьев</i> СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ	55
<i>А.А. Клюкин</i> ВЕБ-ОРИЕНТИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ ЛИДАРНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ	57
<i>А.Ю. Колпаков</i> СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ	59
<i>Е.М. Луговская, М.В. Владимиров, А.И. Назарова, Д.И. Рубанов</i> ПРОТОТИПИРОВАНИЕ АДАПТИВНОГО ДИЗАЙНА НА ПРИМЕРЕ СЕРВИСА ВЕДЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО РАСПИСАНИЯ ДЛЯ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ «FLIPTABLE».....	60
<i>Е.М. Луговская, А.И. Назарова, Д.И. Рубанов</i> ТИПИЗАЦИЯ АТРИБУТОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ДАННЫХ ..	63
<i>Д.Е. Медведева, В.Ф. Асланов, А.А. Пазников</i> АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА ДЕЛЕГИРОВАНИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КРИТИЧЕСКИХ СЕКЦИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МАСШТАБИРУЕМЫХ ПОТОКОБЕЗОПАСНЫХ СТРУКТУР ДАННЫХ....	66
<i>А.И. Назарова, Д.И. Рубанов, В.М. Бритвич, Е.М. Луговская</i> МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЯМИ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА	69
<i>А.И. Назарова, Д.И. Рубанов, В.М. Бритвич,</i> <i>Е.М. Луговская, Д.Н. Бараксанов</i> МЕТОДЫ ВЕДЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО РАСПИСАНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ.....	72
<i>В.С. Рожков</i> ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ПРОБОЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ПУЧКОВ УБЕГАЮЩИХ ЭЛЕКТРОНОВ МЕТОДОМ ЧАСТИЦА-В-ЯЧЕЙКЕ	75
<i>В.М. Саклаков</i> СОВРЕМЕННЫЕ АРХИТЕКТУРЫ GRID-СИСТЕМ.....	78
<i>М.А. Шишанина</i> УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ПРОГРАММНЫХ ПРОЕКТОВ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИИ	80

<i>А.В. Волос, М.С. Герасимова, Е.А. Гольцова, М.Г. Крашенинников, А.А. Терентьева</i>	
АУТСОРСИНГ В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИЕМА, ПЕРЕДАЧИ И РЕШЕНИЯ ИНЦИДЕНТОВ ПРИ УПРАВЛЕНИИ СРЕДНИМИ И КРУПНЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ	83
<i>В.В. Зинченко, О.В. Павлова</i>	
ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ТРУДОВ КАФЕДРЫ	85
<i>М.В. Боброва</i>	
ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ АНАЛИЗА ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОТИВАЦИИ И АДАПТАЦИИ СТУДЕНТОВ К ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	87

ПОДСЕКЦИЯ 3.3

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ В ТЕХНИКЕ И ОБРАЗОВАНИИ

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

<i>А.Н. Ахметов</i>	
РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛА САЙТА КАФЕДРЫ	90
<i>С.С. Алексеенко</i>	
ПРОГРАММНЫЙ ИНТЕРФЕЙС ОТОБРАЖЕНИЯ СХЕМ В ОБЛАЧНОЙ СРЕДЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ «МАРС»	92
<i>А.А. Белослудцева</i>	
ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА ДВУМЕРНОГО ПАРАМЕТРА БЛИЖНЕГО ПОРЯДКА И СОПРОТИВЛЕНИЯ В ГРАФЕНЕ	94
<i>В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, С.А. Панов, С.В. Салтыков</i>	
ДИСТАНЦИОННАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПО КУРСУ «ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА»	97
<i>А.В. Фетелев</i>	
ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОГО ГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	100
<i>Т.Е. Григорьева, Т.В. Ганджа</i>	
МЕТОДИКА СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В СРЕДЕ МНОГОУРОВНЕВОГО КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	102
<i>Т.Е. Григорьева</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОЧЕРЕДИ В БАНКЕ	105
<i>М.И. Кочергин</i>	
СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ	108
<i>Д.А. Куропаткин</i>	
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПЕРЕНОСА КУРСОВ МЕЖДУ ПЛАТФОРМАМИ MOODLE И EDX	111

А.Е. Ли-До-Шан ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ МЕТОДОВ В ОТКРЫТОМ ОНЛАЙН-КУРСЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ»	113
В.И. Маковкин ИНТЕРПОЛЯЦИЯ КООРДИНАТ ТРЕХМЕРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ СЫПУЧИХ СМЕСЕЙ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ.....	115
Н.Ю. Миронов АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АНТЕНН НА БАЗЕ ПЛОСКОГО СКАНЕРА БЛИЖНЕГО ПОЛЯ	118
С.А. Панов, И.В. Дмитриев СТРУКТУРА И ОРГАНИЗАЦИЯ ДИСТАНЦИОННЫХ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ.....	120
К.Б. Петров РАЗРАБОТКА БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ СТАНКОМ С ЧПУ НА БАЗЕ МК ФИРМЫ «МИЛАНДР»	123
Т.А. Посысоева, С.В. Васильцов АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО ПРЕПОДАВАТЕЛЯ ФДО	126
Р.В. Бруй, М.Ю. Петенёв, А.С. Соловьёв, А.А. Сухоруков, А.В. Рикусов, А.А. Махонько, А.Е. Бойко СОЗДАНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ».....	128
Д.И. Рубанов, А.И. Назарова, В.М. Бритвич, Е.М. Луговская ОБЗОР МЕТОДОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ИХ ВНЕДРЕНИЯ В СЕРВИС ВЕДЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО РАСПИСАНИЯ	131
С.В. Салтыков РАЗВИТИЕ ПОИСКОВОЙ СИСТЕМЫ БАНКА НАУЧНЫХ ПРОЕКТОВ КАФЕДРЫ	133
А.Т. Серикбай, С.Е. Табикенова ГЕНЕРАТОРЫ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ЭЛЕКТРОНИКА И МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ТЕХНИКА»	136
М.М. Шевченко ТЕХНОЛОГИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ВИДЕОМАТЕРИАЛОВ В LMS MOODLE	139
А.А. Шигина ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ	142
М.О. Писарев, И.М. Долганов, Е.Н. Сизова РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УСТАНОВКИ ПОДГОТОВКИ ГАЗА.....	146

<i>Н.С. Сорокаумова</i> ОРГАНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ В ОТКРЫТОМ ОНЛАЙН-КУРСЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ»	148
<i>С.К. Важенин</i> КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ	150
<i>Н.Д. Букреев, К.Л. Захаров, Ю.А. Богомолов</i> ПРОЕКТ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОЛИМПИАДНОЙ ПОДГОТОВКИ ИТ-СПЕЦИАЛИСТОВ	153

ПОДСЕКЦИЯ 3.4

МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУКАХ

Председатель – Зариковская Н.В., доцент каф. ЭМИС, к.ф.-м.н.;
зам. председателя – Колотаев И.В., разработчик
ООО «СибирьСофтПроект»

<i>А.А. Бояркина</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОБНАРУЖЕНИЕ КАРДИОЛОГИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ НА ОСНОВЕ РАЗМЕТКИ ВРЕМЕННОГО РЯДА	156
<i>Ю.С. Ефимов, И.А. Матвеев</i> ПОИСК ВНЕШНЕЙ И ВНУТРЕННЕЙ ГРАНИЦ РАДУЖНОЙ ОБОЛОЧКИ НА ИЗОБРАЖЕНИИ ГЛАЗА МЕТОДОМ ПАРНЫХ ГРАДИЕНТОВ	159
<i>Д.С. Гусева</i> МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ РИСКОВ В НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕМ КОМПЛЕКСЕ	162
<i>Д.Ю. Исыхтов</i> АДАПТИВНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ	164
<i>В.С. Коробко</i> ПОДДЕРЖКА TEST-CASE С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SELENIUM WEBDRIVER	167
<i>Я.В. Костелей, Д.С. Жданов</i> МЕТОД ВЫДЕЛЕНИЯ НЕОДНОРОДНЫХ УЧАСТКОВ НА КОЛЬПОСКОПИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ	169
<i>Я.В. Костелей</i> ПОСТРОЕНИЕ ТРЕНДОВОЙ МОДЕЛИ ФИНАНСОВЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ НА ОСНОВЕ КУСОЧНО-ЛИНЕЙНОЙ АППРОКСИМАЦИИ	172
<i>Е.В. Мыльникова</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДВУХ ЧАСТНЫХ КОНКУРИРУЮЩИХ ФИРМ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОДАЖАМИ	175
<i>П.В. Сагайдачная</i> ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ПЛАНИРОВАНИЯ ДЛЯ КЛАСТЕРНЫХ СИСТЕМ НА СЕТЯХ ПЕТРИ	177

А.С. Сеидова ФОРМИРОВАНИЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ	180
И.О. Серебренникова ПРОГРАММНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАСЧЕТОВ НОРМАТИВНЫХ ЗАТРАТ ПО ОКАЗАНИЮ УСЛУГ	183
В.В. Шатрагин СИНТЕЗ И НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ОБОБЩЕННОГО АЛГОРИТМА ГРАМА–ШМИДТА	186
И.А. Соломатин, И.А. Матвеев ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДИМОЙ ОБЛАСТИ РАДУЖКИ КЛАССИФИКАТОРОМ ЛОКАЛЬНЫХ ТЕКСТУРНЫХ ПРИЗНАКОВ	189
И.А. Жданов РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КАРТ ИЗОБАР МЕТОДОМ КРИГИНГА	192
К.К. Звонцова ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ УГЛОВ МЕХАНИЗМА РАСКРЫТИЯ СПИЦ ОТ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МАЧТЫ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ МЕХАНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ РЕФЛЕКТОРОВ АНТЕНН БОЛЬШИХ ДИАМЕТРОВ	195
А.В. Горбенко МОДЕЛИРОВАНИЕ МОБИЛЬНОГО РОБОТА С НАВИГАЦИЕЙ В НЕИЗВЕСТНОЙ СРЕДЕ	198
О.А. Кожуховская ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ РЕГРЕССИИ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ	201
О.А. Намофилова ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРНОСТИ ПОПУЛЯЦИИ ХРОМОСОМ ДЛЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА	203

ПОДСЕКЦИЯ 3.5

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Председатель – Ходашинский И.А., проф. каф. КИБЭВС, д.т.н.;
зам. председателя – Сарин К.С., ассистент каф. КИБЭВС

А.Е. Анфилофьев АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ЭВОЛЮЦИОНИРУЮЩИХ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ ТИПА АНГЕЛОВА–ЯГЕРА	207
М.Б. Бардамова, В.С. Ковалев ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ ГЕМОСТАЗА У БЕРЕМЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКОГО КЛАССИФИКАТОРА	209
А.В. Елисеев НОВОВВЕДЕНИЯ В OLAP MICROSOFT SQL SERVER 2014	212

М.О. Гензе ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ СИСТЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДИКТОРА ПО ГОЛОСУ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ГАУССОВОЙ СМЕСИ И КОЭФФИЦИЕНТОВ ЛИНЕЙНОГО ПРЕДСКАЗАНИЯ	216
И.В. Горбунов СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ СТРУКТУРНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕЧЕТКИХ АППРОКСИМАТОРОВ	218
В.С. Ковалев, М.Б. Бардамова ПРИМЕНЕНИЕ ЖАДНОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ОЦЕНКИ ИНФОРМАТИВНОСТИ ПРИЗНАКОВ ПРИ ПОСТРОЕНИИ НЕЧЕТКОГО КЛАССИФИКАТОРА	221
М.А. Мех СРАВНЕНИЕ ЖАДНОГО АЛГОРИТМА И БИНАРНОГО ГАРМОНИЧЕСКОГО ПОИСКА ДЛЯ ОТБОРА ИНФОРМАТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ	224
И.А. Рахманенко СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДИКТОРА ПО ГОЛОСУ НА ОСНОВЕ GMM-UBM-МОДЕЛИ И МЕЛ-КЕПСТРАЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ	226
С.С. Самсонов «АЛГОРИТМ ОБЕЗЬЯН» ДЛЯ НАСТРОЙКИ НЕЧЕТКОГО КЛАССИФИКАТОРА	229
К.С. Сарин ГИБРИДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ КОМПАКТНЫХ И ТОЧНЫХ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ ТИПА ТАКАГИ-СУТЕНО	233
О.К. Сонич СОКРАЩЕНИЕ РАЗМЕРНОСТИ И ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ КЛАССИФИКАЦИИ НА ПРИМЕРЕ НАБОРА ДААННЫХ KDD CUP 1999	236
С.Р. Субханкулова СРАВНЕНИЕ ЖАДНОГО АЛГОРИТМА И «МИННОГО ВЗРЫВА» ДЛЯ ОТБОРА ИНФОРМАТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ	239
М.О. Светлаков ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА «BIRD SWARM» ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ НЕЧЕТКОГО КЛАССИФИКАТОРА	242
А.Ю. Якимук АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА ЧАСТОТЫ ОСНОВНОГО ТОНА ВОКАЛЬНОГО ИСПОЛНЕНИЯ	245
Д.В. Зарипов ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМА «СЕРЫЙ ВОЛК» ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ НЕЧЕТКОГО КЛАССИФИКАТОРА	248
К.А. Костин ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕГМЕНТАЦИИ КМСС И НЕЧЕТКОГО КЛАССИФИКАТОРА ТЕКСТУР ДЛЯ АНАЛИЗА ВИЗУАЛЬНЫХ СЦЕН	251

Научное издание

**Материалы
Международной научно-технической конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
«Научная сессия ТУСУР–2016»**

25–27 мая 2016 г., г. Томск

В шести частях

Часть 3

Корректор – **В.Г. Лихачева**
Верстка **В.М. Бочкаревой**

Издательство «В-Спектр».
Сдано на верстку 20.04.2016. Подписано к печати 20.05.2016.
Формат 60×84¹/₁₆. Печать трафаретная. Печ. л. 16,4.
Тираж 100 экз. Заказ 12.

~~Издательство~~ ТУСУР. г. Томск, пр. Ленина, 40. к. 205, т. 70-15-24
(записано 600 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