



Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

 РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ

 РАДИОКОНСТРУКТОРСКИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ

 ФАКУЛЬТЕТ  
ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

 ФАКУЛЬТЕТ  
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

 ФАКУЛЬТЕТ  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

 ГУМАНИТАРНЫЙ  
ФАКУЛЬТЕТ

 ФАКУЛЬТЕТ  
БЕЗОПАСНОСТИ

 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ

 ФАКУЛЬТЕТ  
ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

 ЮРИДИЧЕСКИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ

 ЗАОЧНЫЙ И ВЕЧЕРНИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ

 ФАКУЛЬТЕТ  
ДИСТАНЦИОННОГО  
ОБУЧЕНИЯ



**ВЫБИРАЯ БУДУЩЕЕ,  
ВЫБИРАЙ TUSUR!**

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

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

## НАУЧНАЯ СЕССИЯ TUSUR-2021



МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ  
И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ  
«НАУЧНАЯ СЕССИЯ TUSUR-2021»  
г. Томск, 19–21 мая 2021 г.  
(в трех частях)

**ЧАСТЬ 2**

г. Томск

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

# **НАУЧНАЯ СЕССИЯ ТУСУР–2021**

**Материалы**  
**Международной научно-технической конференции**  
**студентов, аспирантов и молодых ученых**  
**«Научная сессия ТУСУР–2021»**

**19–21 мая 2021 г., г. Томск**

**В трех частях**

Часть 2

В-Спектр  
2021

**УДК 621.37/.39+681.518 (063)**

**ББК 32.84я431+32.988я431**

**Н 34**

**Н 34 Научная сессия ТУСУР–2021:** материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 19–21 мая 2021 г.: в 3 частях. – Томск: В-Спектр, 2021. – Ч. 2. – 270 с.

ISBN 978-5-91191-459-2

ISBN 978-5-91191-460-8 (Ч. 1)

ISBN 978-5-91191-461-5 (Ч. 2)

ISBN 978-5-91191-462-2 (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 экономике и менеджменту, антикризисному управлению, правовым проблемам современной России, автоматизации управления в технике и образовании, а также работы, касающиеся социокультурных проблем современности, экологии, мониторинга окружающей среды и безопасности жизнедеятельности.

УДК 621.37/.39+681.518 (063)

ББК 32.84я431+32.988я431

**ISBN 978-5-91191-459-2**

**ISBN 978-5-91191-461-5 (Ч. 2)**

© Том. гос. ун-т систем управления  
и радиоэлектроники, 2021

**Международная  
научно-техническая конференция  
студентов, аспирантов и молодых ученых  
«Научная сессия ТУСУР–2021»,  
19–21 мая 2021 г.**

**ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ**

- Рулевский В.М. – председатель Программного комитета, ректор ТУСУРа, д.т.н.;
- Лощилов А.Г. – заместитель председателя Программного комитета, проректор по научной работе и инновациям ТУСУРа, к.т.н.;
- Абдрахманова М.В., директор библиотеки ТУСУРа;
- Афонасова М.А., зав. каф. менеджмента ТУСУРа, д.э.н., проф.;
- 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;
- Ботаева Л.Б., руководитель направления по оказанию инжиниринговых услуг, АНО «Томский региональный инжиниринговый центр», к.т.н.;
- Васильковская Н.Б., доцент каф. экономики ТУСУРа, к.э.н.;
- Голиков А.М., доцент каф. РТС ТУСУРа, к.т.н.;
- Дмитриев В.М., проф. каф. КСУП ТУСУРа, д.т.н.;
- Еханин С.Г., проф. каф. КУДР ТУСУРа, д.ф.-м.н.;
- Заболоцкий А.М., проф. каф. ТУ ТУСУРа, д.т.н.;
- Зариковская Н.В., доцент каф. АОИ ТУСУРа, к.ф.-м.н.;
- Зейниденов А.К., PhD, декан физико-технического факультета Карагандинского университета имени Е.А. Букетова, проф., г. Караганда (Казахстан);
- Исакова А.И., доцент каф. АСУ ТУСУРа, к.т.н.;
- Issakov V., professor at University Otto-von-Guericke Magdeburg, Germany;
- Caratelli D., PhD (Sapienza University of Rome), technical director of the company «The Antenna Company Nederland B.V.»;
- Карташев А.Г., проф. каф. РЭТЭМ ТУСУРа, д.б.н.;
- Карауш А.С., ген. директор Государственной публичной научно-технической библиотеки России (ГПНТБ России), к.т.н., г. Москва;
- Катаев М.Ю., проф. каф. АСУ ТУСУРа, д.т.н.;
- Ким М.Ю., зав. каф. ИСР ТУСУРа, к.и.н.;
- Кобзев Г.А., проректор по международному сотрудничеству, к.т.н.;
- Костина М.А., доцент каф. УИ, к.т.н.;
- Коцубинский В.П., зам. зав. каф. КСУП ТУСУРа, доцент каф. КСУП, к.т.н.;
- Красинский С.Л., декан ЮФ ТУСУРа, к.и.н.;
- Krozer V., professor at Goethe University, Frankfurt am Main;
- 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. отделения интеллектуальных кибернетических систем офиса образовательных программ, Институт интеллектуальных кибернетических систем НИЯУ МИФИ, к.т.н., г. Москва;
- Малютин Н.Д., гл.н.с. НИИ Систем электрической связи, проф. каф. КУДР ТУСУРа, д.т.н.;
- Мелихов С.В., проф. каф. РТС, д.т.н.;
- Мицель А.А., проф. каф. АСУ ТУСУРа, д.т.н.;

- Мозгунов А.В., начальник ОНиР ТУСУРа;
- Озеркин Д.В., декан РКФ ТУСУРа, к.т.н.;
- Оскирко В.О., н.с. лаборатории прикладной электроники ИСЭ СО РАН, технический директор ООО «Прикладная электроника», к.т.н.;
- Покровская Е.М., зав. каф. ИЯ ТУСУРа, к.филос.н.;
- Разинкин В.П., проф. каф. ТОР НГТУ, д.т.н., г. Новосибирск;
- Рогожников Е.В., доцент каф. ТОР ТУСУРа, к.т.н.;
- Ромашко Р.В., член-корреспондент РАН, директор ИАПУ ДВО РАН, проф. ДВФУ, д.ф.-м.н., г. Владивосток;
- Сарсикеев Е.Ж., PhD, зав. каф. «Эксплуатация электрооборудования» Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина, г. Астана (Казахстан);
- Семенов В.Д., проф. каф. ПрЭ ТУСУРа, к.т.н.;
- Семенов Э.В., проф. каф. РСС ТУСУРа, д.т.н.;
- Сенченко П.В., проректор по учебной работе ТУСУРа, доцент каф. АОИ, к.т.н.;
- Соломин С.К., зав. каф. ГП ТУСУРа, д.ю.н.;
- Суслова Т.И., декан ГФ ТУСУРа, д.ф.н., проф.;
- Титов В.С., зав. каф. вычислительной техники Юго-Западного государственного университета, д.т.н., проф., заслуженный деятель наук РФ, академик Международной академии наук ВШ, г. Курск;
- Троян П.Е., зав. каф. ФЭ ТУСУРа, д.т.н., проф.;
- Туев В.И., зав. каф. РЭТЭМ ТУСУРа, д.т.н.;
- Ходашинский И.А., проф. каф. КИБЭВС ТУСУРа, д.т.н.;
- Цветкова Н.А., доцент Высшей школы киберфизических систем и управления института компьютерных наук и технологий Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, к.т.н., г. Санкт-Петербург;
- Шарангович С.Н., проф., зав. каф. СВЧиКР ТУСУРа, к.ф.-м.н.;
- Шелупанов А.А., президент ТУСУРа, директор ИСИБ, д.т.н., проф.;
- Шостак А.С., проф. каф. КИПР ТУСУРа, д.т.н.;
- Шурыгин Ю.А., директор департамента управления и стратегического развития ТУСУРа, зав. каф. КСУЦ, д.т.н., проф.

## **ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ**

- Лощилов А.Г. – председатель Организационного комитета, проректор по научной работе и инновациям ТУСУРа, зав. каф. КУДР, к.т.н.;
- Медовник А.В. – заместитель председателя Организационного комитета, начальник научного управления, к.т.н.;
- Боберь Ю.Н., специалист по учебно-методической работе ОАиД;
- Климов А.С., председатель Совета молодых ученых, ст. научный сотрудник лаборатории плазменной электроники каф. физики, д.т.н.;
- Коротина Т.Ю., зав. аспирантурой, ОАиД, к.т.н.;
- Покровская Е.М., зав. каф. ИЯ, доцент, к.филос.н.;
- Юрченкова Е.А., вед. инженер ОАиД, к.х.н.

## СЕКЦИИ КОНФЕРЕНЦИИ

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

*Подсекция 1.1. Радиотехнические системы и распространение радиоволн.* Председатель секции – Мелихов Сергей Всеволодович, проф. каф. РТС, д.т.н.; зам. председателя – Аникин Алексей Сергеевич, доцент каф. РТС, к.т.н.

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

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

*Подсекция 1.4. Аудиовизуальная техника, цифровое телерадиовещание и информационный сервис.* Председатель секции – Курячий Михаил Иванович, доцент каф. ТУ, к.т.н.

*Подсекция 1.5. Инфокоммуникационные технологии и системы широкополосного беспроводного доступа.* Председатель секции – Рогожников Евгений Васильевич, доцент каф. ТОР, к.т.н.

*Подсекция 1.6. Робототехника.* Председатель секции – Коцубинский Владислав Петрович, доцент каф. КСУП, к.т.н.

*Подсекция 1.7. Интеллектуальные системы проектирования технических устройств.* Председатель секции – Шурыгин Юрий Алексеевич, директор департамента управления и стратегического развития ТУСУРа, зав. каф. КСУП, д.т.н., проф.; зам. председателя – Черкашин Михаил Владимирович, декан ФВС, доцент каф. КСУП, к.т.н.

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

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

*Подсекция 2.2. Разработка контрольно-измерительной аппаратуры.* Председатель секции – Лоцилов Антон Геннадьевич, проректор по научной работе и инновациям ТУСУРа, зав. каф. КУДР, к.т.н.; зам. председателя – Бомбизов Александр Александрович, начальник 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.

*Подсекция 2.4. Промышленная электроника.* Председатель секции – Семёнов Валерий Дмитриевич, проф. каф. ПрЭ, к.т.н.; зам. председателя – Мехальченко Сергей Геннадьевич, зав. каф.

ПрЭ, д.т.н.; Оскирко Владимир Олегович, н.с. лаборатории прикладной электроники ИСЭ СО РАН, технический директор ООО «Прикладная электроника», к.т.н.

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

*Подсекция 2.6. Электромагнитная совместимость.* Председатель секции – Заболоцкий Александр Михайлович, проф. каф. ТУ, д.т.н.; зам. председателя – Куксенко Сергей Петрович, доцент каф. ТУ, д.т.н.

*Подсекция 2.7. Светодиоды и светотехнические устройства.* Председатель секции – Туев Василий Иванович, зав. каф. РЭТЭМ, д.т.н.; зам. председателя – Солдаткин Василий Сергеевич, доцент каф. РЭТЭМ, 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.; зам. председателя – Суханов Александр Яковлевич, доцент каф. АСУ, к.т.н.

*Подсекция 3.2. Распределённые информационные технологии и системы.* Председатель секции – Сенченко Павел Васильевич, проректор по учебной работе ТУСУРа, доцент каф. АОИ, к.т.н.; зам. председателя – Сидоров Анатолий Анатольевич, зав. каф. АОИ, к.т.н.

*Подсекция 3.3. Автоматизация управления в технике и образовании.* Председатель секции – Дмитриев Вячеслав Михайлович, проф. каф. КСУП, д.т.н.; зам. председателя – Ганджа Тарас Викторович, проф. каф. КСУП, д.т.н.

*Подсекция 3.4. Вычислительный интеллект.* Председатель секции – Ходашинский Илья Александрович, проф. каф. КИБЭВС, д.т.н.; зам. председателя – Сарин Константин Сергеевич, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.

*Подсекция 3.5. Современные библиотечные технологии.* Председатель секции – Абдрахманова Марина Викторовна, директор библиотеки ТУСУРа; зам. председателя – Карауш Александр Сергеевич, генеральный директор ГПНТБ России, г. Москва, к.т.н.

*Подсекция 3.6. Молодежные инновационные научные и научно-технические проекты.* Председатель секции – Костина Мария Алексеевна, доцент каф. УИ, к.т.н.; зам. председателя – Нариманова Гуфана Нурлабековна, зав. каф. УИ, к.ф.-м.н.

*Подсекция 3.7. Разработка программного обеспечения.* Председатель секции – Зариковская Наталья Вячеславовна, доцент каф. АОИ, зам. ген. директор ООО «АльдераСофт», к.ф.-м.н.

*Подсекция 3.8. Инструментальные средства поддержки автоматизированного проектирования и управления.* Председатель секции – Хабибулина Надежда Юрьевна, доцент каф. КСУП, к.т.н.; зам. председателя – Потапова Евгения Андреевна, ст. преподаватель каф. КСУП.

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

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

*Подсекция 4.2. Радиоэлектронные системы передачи информации и средства их защиты.* Председатель секции – Голиков Александр Михайлович, доцент каф. РТС, к.т.н.; зам. председателя – Громов Вячеслав Александрович, доцент каф. РТС, к.т.н.

*Подсекция 4.3. Экономическая безопасность.* Председатель секции – Кузьмина Елена Александровна, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.; зам. председателя – Колтайс Андрей Станиславович, преподаватель каф. КИБЭВС.

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

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

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

*Подсекция 5.3. Современные методы финансового планирования.* Председатель секции – Васильковская Наталья Борисовна, доцент каф. экономики, к.э.н.; зам. председателя – Цибулькикова Валерия Юрьевна, зав. каф. экономики, к.э.н.

*Подсекция 5.4 Проектный менеджмент и его использование в цифровой экономике.* Председатель секции – Афонасова Маргарита Алексеевна, зав. каф. менеджмента, д.э.н., проф.; зам. председателя – Богомолова Алена Владимировна, декан ЭФ, доцент каф. менеджмента, к.э.н.

*Подсекция 5.5. Современные социокультурные технологии в организации работы с молодежью.* Председатель секции – Сулова Татьяна Ивановна, декан ГФ, проф. каф. ФиС, д.филос.н.; зам. председателя – Орлова Вера Вениаминовна, и.о. зав. каф. ФиС, директор НОЦ «СГТ», д.соц.н.

*Подсекция 5.6. Актуальные проблемы социальной работы в современном обществе.* Председатель секции – Ким Максим Юрьевич, зав. каф. ИСР, к.и.н.; зам. председателя – Куренков Артем Валериевич, доцент каф. ИСР, к.и.н.

*Подсекция 5.7. Правовые проблемы современной России.* Председатель секции – Соломин Сергей Константинович, зав. каф. ГП, д.ю.н., доцент; зам. председателя – Газизов Родион Маратович, ст. преподаватель каф. ИП.

**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; зам. председателя – Колесник Анастасия Викторовна, инженер ОНиР.

**Секция 8. Postgraduate and Master Students' Research in Electronics and Control Systems.** (Секция на английском языке). Председатель секции – Покровская Елена Михайловна, зав. каф. ИЯ, к.филос.н.; зам. председателя – Шпит Елена Ирисметовна, ст. преподаватель каф. ИЯ; Соболевская Ольга Владимировна, ст. преподаватель каф. ИЯ; Таванова Эльвира Борисовна, ст. преподаватель каф. ИЯ.

**Адрес оргкомитета:  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40,  
ФГБОУ ВО «Тусур»  
Научное управление (НУ), к. 205. Тел.: 8-(382-2) 701-524**

**1 часть** – 1-я секция (подсекции 1.1 – 1.7); 2-я секция (подсекции 2.1 – 2.7).

**2 часть** – 3-я секция (подсекции 3.1 – 3.8);

**3 часть** – 4-я секция (подсекция 4.1 – 4.3); 5-я секция (подсекция 5.1 – 5.7); 6-я секция.

7-я секция (для школьников) печатается отдельным сборником.

*СЕКЦИЯ 3*

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
И СИСТЕМЫ**

(стр. 11 – 261)



## **СЕКЦИЯ 3**

# **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ**

### **ПОДСЕКЦИЯ 3.1**

## **ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ**

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

УДК 28.23.24

### **МОДУЛЬ ОБРАБОТКИ АУДИОПОТОКА НА ПЛАТФОРМЕ UNITY**

*П.Д. Тихонов, Е.Е. Мансуров,*

*А.В. Анфилофьев, студенты каф. АСУ*

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

*г. Томск, ТУСУР, hettem@yandex.ru, mevgevg@yandex.ru,*

*p\_r\_o\_t\_o\_t\_y\_p\_e99@mail.ru*

*Проект ГПО АСУ-1801 «Система обучения роботов»*

Модуль обработки аудиопотока требуется для управления виртуальным роботом и программой с помощью голосовых команд. В ходе работы над проектом рассмотрены методики взаимодействия виртуального робота и человека через звуковую информацию.

**Ключевые слова:** модуль обработки аудиопотока, виртуальный робот, TTS (TextToSpeech), STT (SpeechToText), Unity.

В некоторых приложениях, которые разрабатываются на платформе UNITY, возникает необходимость работы с голосовыми функциями. К таким функциям относятся задачи управления программой с помощью голоса и получение обратной связи в виде звуковой информации. Рассмотрим кратко функции работы с голосом.

**TTS (TextToSpeech).** При изучении материала мы планировали разработать программу вида TTS с помощью пространства имён System.Speech.Synthesis, в частности, используя функцию

SelectVoiceByHints (VoiceGender, VoiceAge), которая позволяет синтезировать голоса для разного возраста и пола (мужчины и женщины). Однако в связи с ограниченностью языка C# в движке Unity использование некоторых библиотек не представляется возможным. Пока что как временная мера используются записанные определённые реплики робота, которые воспроизводятся при необходимости. Записанные реплики, используя переводчик, сохраняются, после чего добавляются в проект и воспроизводятся в нужном месте программы.

**STT (SpeechToText).** Анализ и апробация нескольких вариантов реализации функционала STT позволили определить варианты:

1. Различные голосовые ассистенты (сюда относятся и чат-боты), которые не подходят нам по причине своего узкоспециализированного функционала, из-за которого не имеется возможности совместить их с движком Unity.

2. Подключение библиотеки Microsoft.Speech требует написания переходного модуля для Unity, хотя, в свою очередь, она работает в WPF и простом консольном приложении на C#.

3. Работа со звуком через System.Speech.Recognition не подходит, так как эта библиотека использует встроенные средства Windows, т.е. голосового помощника Cortana, который, в свою очередь, работает только в определённых регионах мира [1].

4. Работа со звуком через встроенную в Unity библиотеку UnityEngine.Windows.Speech ввиду отсутствия русского языка [1].

5. Апробация бесплатного Asset SpeechAutoDetector, подробной документации к которому нет, из внутреннего магазина программных приложений Unity работает через преобразование речи в звуковой файл и последующее трансформацию в текст, тоже не имеет в своем словаре русского языка [1].

6. Применение модулей языка Python осложняется существенной версионной зависимостью готовых библиотек и имеющихся в Unity драйверов.

Единственное возможное решение данного вопроса видим в создании сторонней библиотеки обработки аудиопотока и перевода человеческой речи в текстовую строку. Однако в таком случае библиотека должна содержать в себе ссылку на UnityEngine.dll и иметь версию .NET меньше или равную 3,5, как раз-таки из-за этих нюансов нам не подойдут сторонние библиотеки, к исходному коду которых не будет доступа. Либо же они должны быть собраны, уже учитывая эти моменты.

Поэтому работа по звуковой части виртуального робота продолжается в направлении перевода звуковых сообщений в текстовую часть, а далее семантического понимания смысла.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Регионы и языки, с которыми работает Кортана, документация Microsoft [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://support.microsoft.com/ru-ru/topic/регионы-и-языки-кортаны-ad09a301-ce3a-aee4-6364-0f0f0c2ca888> (дата обращения: 02.03.2021).
2. Документация по платформе Unity [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.unity3d.com/ru/530/Manual/UnityManual.html> (дата обращения: 02.03.2021).

УДК 28.23.24

### ОБЗОР МОДУЛЕЙ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ВИРТУАЛЬНЫМ РОБОТОМ

*А.В. Анфилофьев, П.Д. Тихонов,  
Е.Е. Мансуров, студенты каф. АСУ*

*Научный руководитель М.Ю. Катаев, д.т.н., проф. каф. АСУ  
г. Томск, ТУСУР, p\_r\_o\_t\_o\_t\_y\_p\_e99@mail.ru, hettem@yandex.ru,  
mevgevg@yandex.ru*

*Проект ГПО АСУ-1801 «Система обучения роботов»*

Данная система необходима для обучения учащихся в школе для того, чтобы разгрузить работу преподавателя, а в будущем и вовсе обучать детей самостоятельно.

**Ключевые слова:** система взаимодействия с виртуальным роботом, виртуальный робот, Unity.

В рамках проекта ГПО АСУ-1801 был разработан набор модулей человеко-машинного взаимодействия с виртуальным роботом. Была создана модель виртуального робота, которая на данный момент позволяет выполнять минимальный набор взаимодействий с пользователем. С помощью виртуального робота можно будет дополнять обучающий процесс новыми элементами, которые позволят сделать его более информационно насыщенным, интересным. Данная система будет способствовать лучшему освоению школьной программы, тем самым поможет учителю проверить знания всех учеников класса.

Отметим, что подобного рода программ не существует в практике школ, особенно направленных на работу со школьниками. Для разработки системы внедрения модулей нами была выбрана платформа UNITY [1]. Она позволяет хорошо управлять сценой (виртуальным роботом) в процессе разработки и отлаживать в процессе работы (учебного процесса). Для реализации требуемого функционала был выбран высокоуровневый язык программирования C# [2]. Средой программирования была выбрана Visual Studio.

Виртуальный робот в нашей программной системе должен реагировать на речевой сигнал, понимать текст, полученный с клавиатуры, а также двигаться в такт с принимаемыми действиями обучающегося (например, кивать головой в знак согласия). Эта тематика является весьма актуальной и востребованной на практике обучения в школах. Данная программа позволит обучать школьников, устранять пробелы в знаниях по определенным дисциплинам, тем самым облегчая работу преподавателю.

В системе есть три модуля:

1) текстовый модуль. Пользователь выбирает, в каком режиме функциональности ему зайти – как преподаватель или как ученик. После чего проходит процесс авторизации и работает с предоставленным ему функционалом;

2) модуль виртуального робота. Задаются определённые анимации для виртуального робота для того, чтобы он мог взаимодействовать с пользователем, подсказывая ему или «контактируя»;

3) модуль обработки аудиопотока. Модуль работает в режиме TTS (TextToSpeech), в определённый момент нужная фраза озвучивается «роботом».

Выходные данные представляют собой изображения и звук, появляющиеся в окне программы и проигрываемые средствами вывода звука соответственно как результат взаимодействия пользователя с виртуальной средой.

В итоге нам удалось выполнить следующие задачи:

1. Введены два режима авторизации – «Преподаватель» и «Ученик», проработаны их функциональные составляющие.

2. Создан тестовый вариант «конструктора» тем, тестов и заданий.

3. Объективно проанализировано множество возможных реализаций взаимодействия типа STT, что будет крайне полезно при возможном продолжении проекта.

4. Проработаны и реализованы 9 анимаций модели виртуального робота.

5. Произведена подготовка условий для беспрепятственного вызова проигрывания анимаций модели виртуального робота.

6. Совместно с научным руководителем продумана схема взаимодействия объектов внутри системы.

7. Создан «плацдарм», от которого можно отталкиваться при дальнейшей работе над проектом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Информация про платформу Unity [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Unity\\_\(игровой\\_движок\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Unity_(игровой_движок)) (дата обращения: 01.03.2021).

2. C#, документация Microsoft: материал с сайта Microsoft [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/csharp/programming-guide/>, свободный (дата обращения: 01.03.2021).

УДК 519.852(075.8)

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТАЭВРИСТИЧЕСКИХ  
МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ, ИМИТИРУЮЩИХ  
ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ**

*Е.Е. Мансуров, П.Д. Тихонов,*

*А.В. Анфилофьев, студенты каф. АСУ*

*Научный руководитель А.А. Шелестов, к.т.н., доцент каф. АСУ*

*г. Томск, ТУСУР, mevgevg@yandex.ru, hettem@yandex.ru,*

*p\_r\_o\_t\_o\_t\_y\_p\_e99@mail.ru*

Кратко описываются методы оптимизации группы методов, имитирующих физические процессы, и проводится краткий сравнительный анализ работы методов на функции Розенброка.

**Ключевые слова:** метаэвристические алгоритмы, методы оптимизации, методы, имитирующие физические процессы.

В рамках работы над учебно-исследовательским комплексом для решения поставленных задач проанализированы методы, имитирующие физические процессы. В основе методов лежат физические законы и явления, такие как реструктуризация кристаллической решётки металла в процессе отжига, замерзание или нагревание жидкости, всемирные законы тяготения. К названной группе методов относятся: метод гравитационной кинематики, метод имитации отжига, адаптивный метод имитации отжига, метод гармонического поиска [1, 2].

Алгоритмы метаэвристической оптимизации, основанные на имитации физических процессов, эффективны и надежны при решении сложных задач большой размерности. Данные методы реализованы на языке программирования C# с использованием библиотеки Oхuplot [3], которая графически отслеживает алгоритмы на каждом шаге. Благодаря этому пользователь может разобраться в алгоритме более детально.

Проведен сравнительный анализ работы методов на основе критериев: время, затраченное на получение решения, и точность решения. Для работы методов выбрана тестовая целевая функция Розенброка:

$$f(x) = \sum_{i=1}^{N/2} \left[ 100 \cdot (x_{2i-1}^2 - x_{2i})^2 + (x_{2i-1}^2 - 1)^2 \right].$$

Трехмерный вид функции представлен на рис. 1.

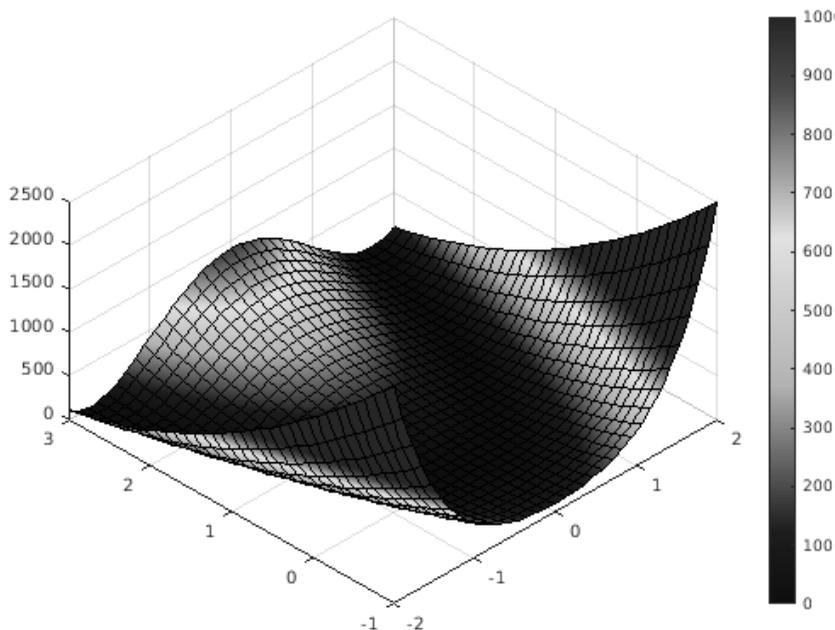


Рис. 1. Трехмерный вид функции Розенброка

Результат работы алгоритмов на тестовой функции приведен в таблице.

Результаты сравнительного анализа методов, имитирующих физические процессы, следующие. Все названные методы с поставленной задачей справились: глобальный минимум найден с заданной точностью. При этом во всех методах уменьшалось время выполнения программы и повышалась точность решения с увеличением количества частиц. Метод «роя пчел» на поиск решения потребовал меньших затрат времени по сравнению с другими. Для функции Розенброка лучшие решения достигнуты методом «гравитационной кинематики».

Следует отметить, что при увеличении количества итераций или количества рабочих точек (в методах «гравитационной кинематики» и «поиска гармонии») увеличивается точность решения, но при этом увеличивается и расход вычислительных ресурсов, и время решения задачи. При применении указанных методов это необходимо учитывать.

## Результат работы метаэвристических методов для функции Розенброка

Метод	Полученные значения		Количество итераций
	$\hat{f}$	$f_{\min}$	
1. Метод гравитационной кинематики	1,951650	0,152842	100
	1,089677	0,007845	300
	0,867289	0,005803	500
	0,689141	0,001482	1000
2. Метод имитации отжига	3,989320	0,000686	100
	3,780924	$1,13 \cdot 10^{-7}$	300
	3,431615	$9,64 \cdot 10^{-8}$	500
	2,344448	$3,1 \cdot 10^{-8}$	1000
3. Адаптивный метод имитации отжига	3,348065	0,358977	100
	3,230715	0,260686	300
	2,183816	0,050462	500
	1,132670	0,024247	1000
4. Метод поиска гармонии	0,727222	0,001528	100
	0,289221	$6,6 \cdot 10^{-5}$	300
	0,191348	$3,1 \cdot 10^{-6}$	500
	0,121102	$2,6 \cdot 10^{-7}$	1000

### ЛИТЕРАТУРА

1. Мицель А.А. Методы оптимизации: учеб. пособие / А.А. Мицель, А.А. Шелестов, В.В. Романенко. – Томск: ФДО, ТУСУР, 2017. – 198 с.
2. Пантелеев А.В. Методы глобальной оптимизации. Метаэвристические стратегии и алгоритмы / А.В. Пантелеев, Д.В. Метлицкая, Е.А. Алешина. – М.: Вузовская книга, 2013. – 244 с.
3. OxyPlot's documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://oxyplot.readthedocs.io/en/latest/> (дата обращения: 12.02.2021).

УДК 519.852(075.8)

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТАЭВРИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ ГРУППЫ «РОЕВОГО» ИНТЕЛЛЕКТА

*Е.Е. Мансуров, П.Д. Тихонов,*

*А.В. Анфилофьев, студенты каф. АСУ*

*Научный руководитель А.А. Шелестов, к.т.н., доцент каф. АСУ*

*г. Томск, ТУСУР, mevgevg@yandex.ru, hettem@yandex.ru,*

*p\_r\_o\_t\_o\_t\_y\_p\_e99@mail.ru*

Кратко описываются методы оптимизации группы «роевого» интеллекта и проводится краткий сравнительный анализ работы методов на тестовой целевой функции Растригина.

**Ключевые слова:** метаэвристические алгоритмы, методы оптимизации, методы «роевого» интеллекта, функция Растригина.

В рамках создаваемого на кафедре АСУ ТУСУРа учебно-исследовательского комплекса «Метаэвристические методы оптимизации» были программно реализованы методы «роевого» интеллекта. Алгоритмы роевого интеллекта (Swarm Intelligence) основаны на изучении поведения колоний живых организмов. Алгоритмы предполагают случайность и беспорядочность (аналогия со стаями птиц, колониями муравьев, пчёл и т.д.). Всё начинается со случайной начальной позиции начальной популяции. Затем в пространстве поиска происходит миграция особей популяции таким образом, чтобы приблизиться к искомому экстремуму целевой функции [1, 2].

Алгоритмы «роевого» интеллекта прекрасно зарекомендовали себя при решении сложных комбинированных задач. Алгоритмы «роевого» интеллекта реализованы на языке программирования C# с использованием библиотеки Oxyplot [3]. Библиотека позволяет наглядно отслеживать действия алгоритмов на каждом шаге.

Проведен сравнительный анализ работы методов – исходя из времени, затраченного на получение решения, и точности решения – на примере функции Растригина:

$$f(x) = An = 1 \sum_i^n [x_i^2 - A \cos(2\pi x_i)], \text{ где } A = 10.$$

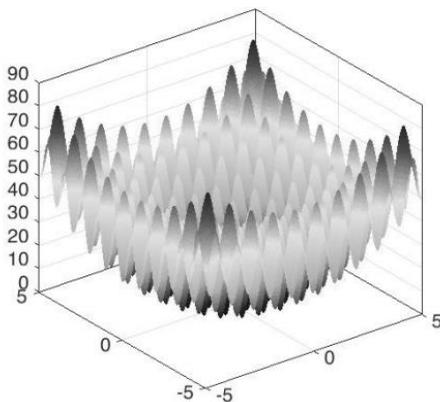


Рис. 2. Трехмерный вид функции Растригина

Трехмерный вид функции представлен на рис. 1.

Результат работы алгоритмов на тестовой функции приведен в таблице.

Сравнительный анализ методов «роевого» интеллекта и всех указанных методов позволил сделать следующие выводы. С поставлен-

ной задачей справились: глобальный минимум найден с заданной точностью. Во всех методах уменьшалось время выполнения программы и повышалась точность решения с увеличением количества частиц. Метод роя пчел на поиск решения потребовал меньших затрат времени. Для функции Растригина лучшие решения достигнуты методом муравьиных колоний.

#### Результат работы метаэвристических методов для функции Растригина

Метода	Полученные значения			Время работы, мс	К-во итераций	К-во частиц
	$x_1$	$x_2$	$f(x)$			
1. Метод частиц в стае	-1,05	-1,014	1,132	6	1	50
	$3 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-11}$	198	30	
	-0,017	-0,134	0,099	35	1	200
	$4 \cdot 10^{-10}$	$-2 \cdot 10^{-10}$	0	305	30	
2. Метод муравьиных колоний	0,007	0,002	0,01	9	1	50
	$4 \cdot 10^{-19}$	0	0	98	30	
	0,005	0,001	0,006	12	1	200
	0	$2 \cdot 10^{-35}$	0	350	30	
3. Метод роя пчел	-0,035	-0,068	1,14	2	1	50
	$-5 \cdot 10^{-4}$	-0,004	$1 \cdot 10^{-11}$	101	30	
	0,029	-0,02	0,237	4	1	200
	0,002	-0,001	$4 \cdot 10^{-12}$	123	30	
4. Метод искусственной пчелиной колонии	-0,92	-0,007	1,85	2	1	50
	-0,07	-0,898	1,33	100	30	
	-0,094	0,358	0,994	5	1	200
	-0,04	0,45	0,46	198	30	

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мицель А.А. Методы оптимизации: учеб. пособие / А.А. Мицель, А.А. Шелестов, В.В. Романенко. – Томск: ФДО, ТУСУР, 2017. – 198 с.
2. Пантелеев А.В. Методы глобальной оптимизации. Метаэвристические стратегии и алгоритмы / А.В. Пантелеев, Д.В. Метлицкая, Е.А. Алешина. – М.: Вузовская книга, 2013. – 244 с.
3. OxyPlot's documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://oxyplot.readthedocs.io/en/latest/> (дата обращения: 12.02.2021).

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПРАВИЛ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ОСНОВНЫХ ФАКТОВ ИЗ ЭЛЕКТРОННЫХ МЕДИЦИНСКИХ ЗАПИСЕЙ НА ОСНОВЕ КОНТЕКСТНО-СВОБОДНОЙ ГРАММАТИКИ**

***Р.Р. Котюбеев, магистрант НИ ТПУ ИШИТР***

*Научный руководитель С.В. Аксенов, доцент, к.т.н.  
г. Томск, ИШИТР НИ ТПУ, rrk8@tpu.ru*

Предложен подход для извлечения фактов из электронных медицинских записей на основе контекстно-свободной грамматики с использованием библиотеки Yargy. Алгоритм данного подхода был протестирован на 40 записях с первичным осмотром, из которых были выделены 49 основных фактов о пациенте.

**Ключевые слова:** контекстно-свободная грамматика, Yargy, извлечение фактов.

Врачи в наше время сталкиваются с напряженной умственной нагрузкой. Помимо приемов и осмотров пациентов им приходится иметь дело с электронными медицинскими записями, из которых нужно находить необходимые факты о том или ином пациенте. Кроме того, с 1 февраля вступил в силу приказ Минздрава здравоохранения России № 947н о полном переходе медицинской документации в электронные формы [1], что еще больше увеличит нагрузку на врачей при таком формате.

Сам же электронный документ хоть и имеет структурированный вид, но набирается сплошным текстом. А поиск конкретного факта о пациенте требует беглого просмотра всего документа.

Именно для решения этой проблемы был предложен подход к извлечению фактов в электронных медицинских записях. Этот подход реализует правила на основе свободно-контекстной грамматики. Правила были сформулированы с помощью библиотеки **Yargy**, которая написана на языке Python [2]. В основе работы библиотеки лежит *алгоритм Эрли* – алгоритм синтаксического анализа предложения по контекстно-свободной грамматике с использованием динамического программирования [3].

В Yargy есть банк готовых грамматик, которые позволяют найти в тексте даты, имена, организации, адреса, номера телефонов и т.д. Для медицинских текстов этих грамматик недостаточно, поэтому мы составили свои.

Правила в Yargy состоят из предикатов. Предикат – это функция, которая принимает на вход токен и возвращает True, если соответствующий факт был найден, и False, если не был найден. Правила и

предикаты могут логически комбинироваться при помощи логических операторов *and\_*, *or\_*, и *not\_*.

**Правила** изменялись на записях с первичным осмотром. А все необходимые факты, которые необходимо извлечь, были подготовлены сотрудниками СибГМУ. Всего таких фактов насчитывается 49. Они включают: дату рождения пациента, жалобы, максимальную температуру, аллергические реакции на лекарственные препараты, диагноз и т.д.

Запись с первичным осмотром разбита на 10 блоков, каждый из которых имеет свой перечень фактов. К этим блокам относятся:

1. Общая информация о пациенте.
2. Дата и время осмотра.
3. Жалобы.
4. Анамнез болезни.
5. Анамнез жизни.
6. Эпидемиологический анамнез.
7. Анамнез ВТЭ (венозная тромбоэмболия).
8. Объективный статус.
9. Локальный статус.
10. Диагноз.

Была написана программа для разделения на соответствующие блоки так, что поиск фактов осуществляется в асинхронном режиме для большей скорости выполнения.

Такие факты, как «дата осмотра», «дата заболевания», «жалобы», «пол», «возраст», определяются достаточно просто. Для определения факта «другие заболевания» в анамнезе жизни был составлен отдельный словарь со списком различных болезней. Также проводится сопоставление вычлененных заболеваний с основным диагнозом.

Факт «аллергическая реакция» находится либо при упоминании словосочетания *аллергическая реакция*, либо при словосочетании *не переносит*:

```
ALLERG_RULE = or_(
    rule(
        normalized('аллергическая'),
        normalized('реакция'),
        normalized('на')),
    rule(
        normalized('не'),
        normalized('переносит'))
)
```

Предикат *normalized* приводит входящий токен к начальной форме слова.

В Yargy также можно создавать свои предикаты. Например, для определения массы пациента рассматривается число от 10 до 180, перед которым стоит слово вес с различными знаками пунктуации:

```
WEIGHT = and_(gte(10),lte(180))
```

```
WEIGHT_RULE = or_(  
    rule(normalized('вес'), '-', WEIGHT),  
    rule(normalized('вес'), '- ', WEIGHT),  
    rule(normalized('вес'), '!', WEIGHT),  
    rule(normalized('вес'), '!', WEIGHT)  
)
```

**При тестировании** использовалось 40 электронных записей с первичным осмотром. В каждом из них определены 49 фактов. Таблица показывает, сколько фактов было определено с различной точностью. Их них 44 были определены с точностью 98%, 4 факта с точностью 80% и 1 факт с точностью 75%. Факт «кем направлен» имеет самую низкую точность определения. Это связано с тем, что перед вызовом скорой помощи возможно обращение в поликлинику или пациент может после вызова скорой помощи не дожидаться ее прибытия и самостоятельно обратиться в клинику. Таким образом, в первом случае Yargy определяет, что пациент был направлен поликлиникой, а во втором – скорой помощью, так как Yargy фиксирует только первый факт обращения пациента в поликлинику или скорую помощь и игнорирует все последующие обращения.

**Точность определения фактов**

Количество фактов	Точность, %
44	98
4	80
1	75

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ Минздрава РФ от 07.09.2020 № 947н. Об утверждении порядка организации системы документооборота в сфере охраны здоровья в части ведения медицинской документации в форме электронных документов.

2. Yargy – документация [Электронный ресурс]. – URL: <https://yargy.readthedocs.io/ru/latest/> (дата обращения: 09.03.2021).

3. Earley J. An efficient context-free parsing algorithm // Communications of the Association for Computing Machinery, 1970.

## **МОНИТОР КОМПЛЕКТУЮЩИХ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА И АВТОМАТИЧЕСКИЙ «РЕОБАС»**

*А.С. Попов, Д.Е. Малиновский, И.П. Корнев,*

*С.Д. Москалев, М.С. Груббе, студенты*

*г. Томск, НИ ТПУ*

Представлен результат разработки устройства для мониторинга состояния компьютерных комплектующих, а именно температуры центрального и графического процессоров (далее – CPU и GPU), включающего в себя отслеживание температур и степени загрузки данных комплектующих и встроенного автоматического реобаса, меняющего величину оборотов вентилятора в зависимости от температуры указанных выше компонентов компьютера. Проведены эксперименты по определению напряжений на зажимах вентилятора при различных значениях температур GPU и CPU в ЭВМ.

**Ключевые слова:** микроконтроллер, вентилятор, CPU, GPU, мониторинг, дисплей, реобас.

Актуальность проекта заключается в удобстве использования устройства как при тестировании новой конфигурации комплектующих персонального компьютера, так и при повседневном использовании уже проверенной ЭВМ. Использование устройства позволяет производить мониторинг температур и загрузки CPU и GPU посредством вывода данной информации на дисплей, а также в некоторых случаях избежать перегрева ЭВМ за счет увеличения продуваемости корпуса при росте оборотов вентилятора в случае увеличения температуры. Были рассмотрены распространенные на рынке модели реобасов.

Проект был разработан и собран на базе Arduino UNO, выбор этой платы объясняется ее характеристиками: компактностью, достаточным объемом флэш-памяти, необходимым количеством цифровых входов/выходов для подключения.

Сбор данных компьютера производится при помощи встроенных датчиков загрузки центрального и графического процессоров и температуры, все показатели выводятся на дисплей. На основании данных с датчиков при повышении температуры обороты вентилятора возрастают, и наоборот, при уменьшении – падают.

Схема устройства представлена на рис. 1.

Для передачи информации о степени загрузки процессоров и их температуре используется дисплей LCD1602 [1].

В процессе работы также было задействовано ПО «Open Hardware Monitor», которое самостоятельно считывало показания си-

системы ЭВМ и выводило их на экран монитора. Таким образом, происходила проверка на корректность работы устройства: сравнивались данные, отображаемые ПО, с данными разработанного устройства [2].

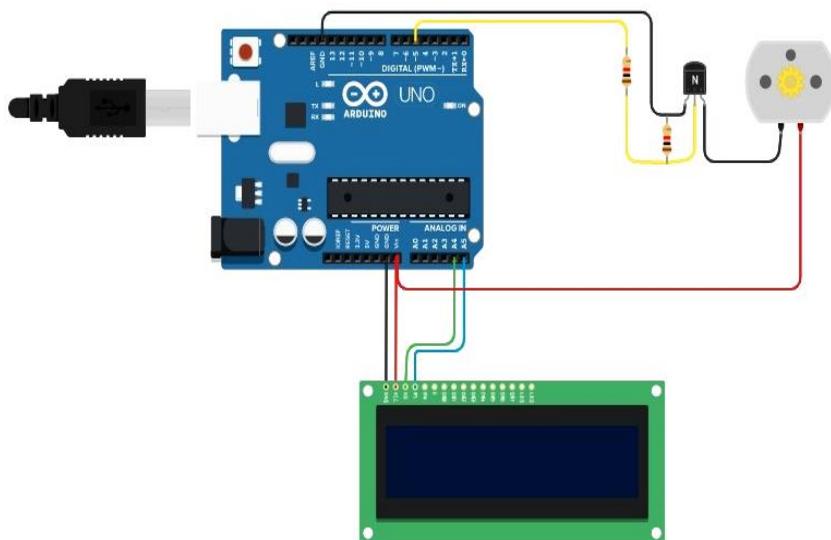


Рис. 1. Схема устройства

Был проведен эксперимент по определению корректности изменения оборотов вентилятора при изменении параметров температуры GPU и CPU. Эксперимент подтвердил исправность работы устройства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Строим графики на LCD-дисплеях 1602 и 2004 // AlexGyver Technologies [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://alexgyver.ru/lcd-plots-and-bars/>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 14.05.2020).

2. Программы для проверки температуры процессора, видеокарты и жесткого диска [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://softcatalog.info/ru/obzor/programmy-dlya-monitoringa-temperature-processora-i-videokarty>, свободный.

## **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ С ВИРТУАЛЬНЫМ РОБОТОМ**

*Е.Е. Мансуров, А.В. Анфилофьев,  
П.Д. Тихонов, студенты каф. АСУ*

*Научный руководитель М.Ю. Катаев, д.т.н., проф. каф. АСУ  
г. Томск, ТУСУР, mevgevg@yandex.ru,  
p\_r\_o\_t\_o\_t\_y\_p\_e99@mail.ru, hettem@yandex.ru  
Проект ГПО АСУ-1801 «Система обучения роботов»*

Описывается взаимодействие человека с виртуальным роботом в процессе обучения посредством интерфейса программы.

**Ключевые слова:** виртуальный робот, темы задач, пользователь.

В условиях дистанционной формы обучения программная система для обучения пользователя с помощью модели виртуального робота [1] является как никогда актуальной. Она позволяет проводить обучение по различным дисциплинам, предоставляя удобный интерфейс для взаимодействия с пользователем.

Наша группа занималась разработкой программной системы, которая с помощью модели виртуального робота позволит дополнить обучающий процесс новыми элементами, которые позволят сделать его более информационно насыщенным, интересным. В том числе в системе школьного обучения в рамках программы «Цифровой класс» [2]. Виртуальный робот призван способствовать процессу обучения школьников русскому языку и математике, а также другим дисциплинам в ходе всего периода обучения.

Работая с программой, пользователь взаимодействует с системой посредством интерфейса.

В соответствии с рекомендациями научного руководителя, нами разработана программа для решения школьниками начальных классов задач по математике и русскому языку посредством текста.

На вход программа получает файл формата .txt, содержащий в себе вопросы и ответы на них, который должен заполняться согласно определённым правилам, указанным в документации к программе.

Преподаватель имеет возможность добавить «темы», т.е. блок данных по какому-либо предмету. Он также может дополнить саму тему теоретическим материалом, тестами и практическими заданиями. Попутно преподаватель может выставлять необходимые критерии оценивания – в виде определённого количества процентов выполненных заданий – для перехода к практической части работ. По своей структуре программа напоминает «конструктор», в котором препода-

ватель структурирует информацию по какой-нибудь определённой части дисциплины.

Перед началом работы с программой обучающийся авторизуется или создаёт новый профиль, выбирает число задач, которое ему нужно решить, и дисциплину.

Программа выводит на экран вопросы и предлагает обучающемуся ввести данные (ответ). После ввода данных программа выдает вопрос и ожидает ввода ответа. На каждый вопрос даётся три попытки. Дополнительно имеется звуковое уведомление о верности/неверности решения. По окончании тестирования выводится статистика обучающегося.

Пользователь (ученик) имеет возможность посмотреть справочный материал по необходимым темам, посмотреть результаты предыдущих работ и, используя эти данные, произвести анализ того, какие темы стоит повторить. Алгоритм в виде схемы показан на рис. 1.

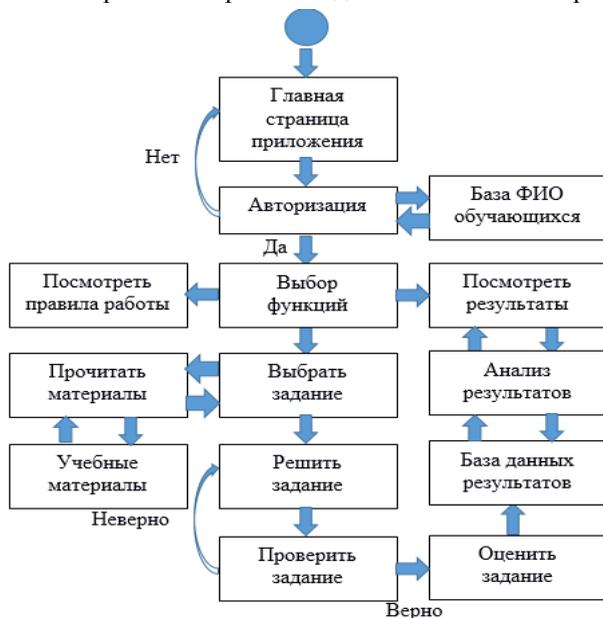


Рис. 1. Алгоритм работы с текстовым модулем

## ЛИТЕРАТУРА

1. Виртуальный робот [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://edurobots.ru/2020/05/virtual-toolkits/> (дата обращения: 03.03.2021).
2. Цифровой класс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mel.fm/shkola/9038752-chto-takoye-tsifrovoy-klass-i-zachem-on-rossyskim-shkolam> (дата обращения: 03.03.2021).

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОБРАБОТКИ ПОХОДКИ ЧЕЛОВЕКА  
ПО ЕГО ИЗОБРАЖЕНИЯМ**

*К.С. Некипелов, А.А. Мороз, студенты каф. АСУ  
Научный руководитель М.Ю. Катаев, проф. каф. АСУ  
г. Томск, ТУСУР, kty@asu.tusur.ru*

Представлен иной (от существующего в проекте, основанного на изменении центра тяжести) метод обработки походки человека для нахождения её параметров и дальнейшей диагностики, где учитывается весь контур фигуры человека. Рассмотрены основные этапы общего алгоритма работы программы. Работа произведена в рамках проекта ГПО АСУ-1902 под руководством д.т.н., профессора Катаева М.Ю. Разрабатываемый нами метод способен усовершенствовать имеющиеся алгоритмы по анализу походки человека, а также предварительно повысить точность вычислений и дальнейшего диагностирования заболеваний.

**Ключевые слова:** контур человека, разработка алгоритма, походка человека, обработка изображений.

**Описание метода анализа походки человека.** Алгоритм заключается в нахождении контура человека на поступающем изображении (рис. 1), после чего находится его центр тяжести (координаты  $x_{цт}$ ,  $y_{цт}$ ) и расстояние от него до контура (координаты  $x(i)$ ,  $y(i)$ , где  $i = 1, N$  – число точек, пикселей, принадлежащих контуру). Это самое расстояние есть кривая «**dist**», с помощью неё можно оценить параметры походки и на её основе, а также других параметров, составить характерные данные для дальнейшей диагностики. Каждому изображению будет соответствовать свой график кривой **dist** (кривая на рис. 2), параметры, которые будут с неё считываться: точки максимума и минимума, амплитуда, ширина каждого пика.

$$\text{dist}(i) = \sqrt{(x_{цт} - xk(i))^2 + (y_{цт} - yk(i))^2}. \quad (1)$$

Все эти параметры будут вноситься в базу данных и сверять их изменения с последующими изображениями, тем самым находя разницу между основными параметрами. Эту самую разницу можно интерпретировать в фазы движения ног, в зависимости от количества пиков, а также их ширины можно сказать, какая именно сейчас фаза движения человека и отталкиваясь от неё, рассчитать параметры и отклонения от нормы. После чего можно интерпретировать эти параметры и сверить с медицинскими знаниями заболеваний, влияющих на походку человека, для определения проблемы.

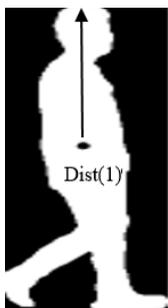


Рис. 1. Бинарное изображение человека, готовое к поиску контура, и расчёт кривой  $dist$  с указанием центра тяжести, точка внутри фигуры человека

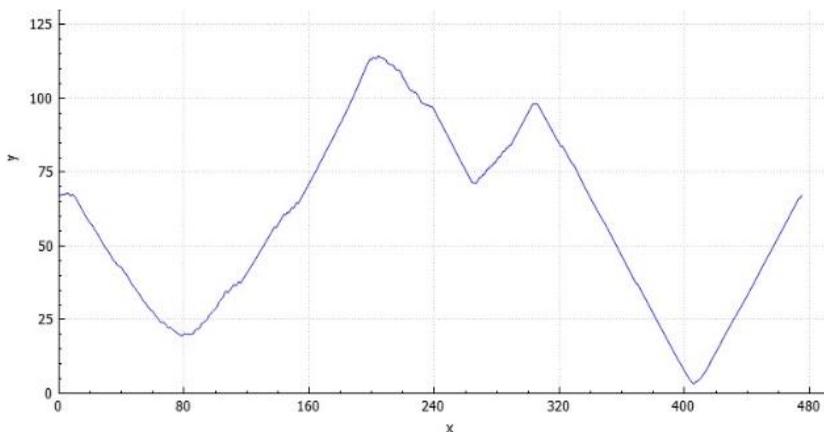


Рис. 2. График, обрабатываемый программой на основе кривой  $dist$  (фаза отдаления ног), соответствует рис. 1

График фазы сближения ног представлен на рис. 3, где наглядно виден один пик, что говорит о моменте времени, в котором ноги человека находятся плотно друг к другу.

После обработки изображений, сравнения полученных данных кривой « $dist$ » между собой следует сглаживание шумов и дальнейший анализ параметров, а также вывод их в понятный для пользователя вид, где прописаны рекомендации на основе медицинских знаний заболеваний, влияющих на походку человека, и работы программы. Сглаживание шумов является одним из двух важных этапов подготовки и обработки изображения, оно необходимо для достижения более точных параметров. Второй этап заключается в обработке видеоматериала. Это видео делится на кадры, а те, в свою очередь, поступают в работу программы как поток последовательных изображений.

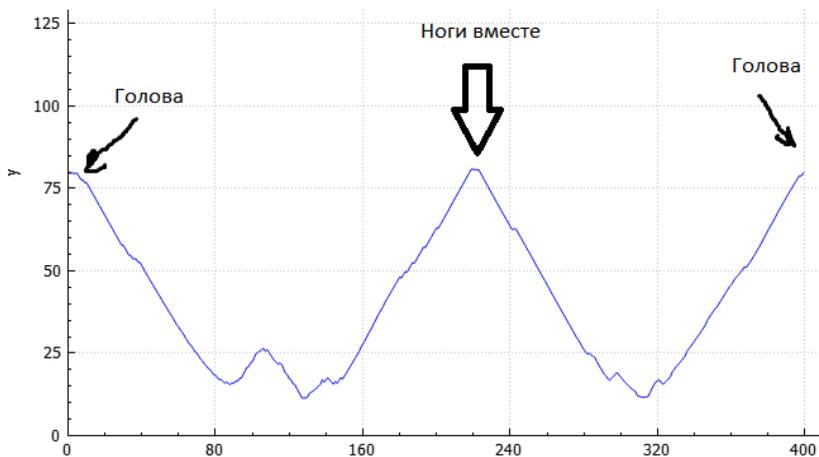


Рис. 3. График, обрабатываемый программой на основе кривой dist (фаза сближения ног)

#### ЛИТЕРАТУРА

1. SciPy Cookbook, Smoothing of a 1D signal [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scipy-cookbook.readthedocs.io/items/SignalSmooth.html>, свободный (дата обращения: 13.09.2020).
2. FindPeaks v1) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.mantidproject.org/nightly/algorithms/FindPeaks-v1.html>, свободный (дата обращения: 13.09.2020).
3. Алгоритм обнаружения контуров изображения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/467611/>, свободный (дата обращения: 03.03.2020).
4. Моделирование и распознавание 2D/3D-образов (Modeling and recognition of 2D/3D-images). Выделение, отслеживание и описание контуров (Select, track and describe contours) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://api-2d3d-cad.com/contour/>, свободный (дата обращения: 03.03.2020).
5. Хабр. Методы нахождения границ изображения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/128753/>, свободный (дата обращения: 03.03.2020).
6. Катаев М.Ю. Выделение паттернов движения на основе центра масс фигуры человека с использованием видеоизображений / М.Ю. Катаев, Н.Г. Катаева, Д.Н. Буинцев, А.Б. Кураков // Доклады ТУСУР. – 2019. – Т. 22, № 4. – С. 56–61.

**УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ КОМПЛЕКС  
«МЕТАЭВРИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ»**  
*П.Д. Тихонов, Е.Е. Мансуров, В.М. Мурыгин, студенты каф. АСУ*  
*Научный руководитель А.А. Шелестов, к.т.н., доцент каф. АСУ*  
*г. Томск, ТУСУР, hettem@yandex.ru, mevgevg@yandex.ru,*  
*murygin.vlad@mail.ru*

Целью разработки учебного комплекса является создание инструмента, который будет использоваться для лучшего усвоения информации студентами при изучении дисциплины «Методы оптимизации».

**Ключевые слова:** методы глобальной оптимизации, метаэвристика, программное обеспечение.

Эвристический алгоритм – это алгоритм решения задачи, который не может гарантировать точность или наибольшую благоприятность, но который является приемлемым для выполнения необходимого задания [1].

В рамках теории оптимизации в последнее время появились разнообразные эвристические методы, функциональность которых схожа с «классическими» методами оптимизации (МО), а в некоторых случаях даже лучше [2].

Разрабатываемый комплекс включает в себя несколько модулей, реализующих различные методы оптимизации с графическим представлением результатов их работы.

Главной целью разработки является создание интерактивного программного модуля – GUI, который отвечает за непосредственное взаимодействие человека с программным учебным комплексом, обеспечивая пользователя случайно сгенерированными целевыми функциями с определёнными параметрами для того, чтобы можно было проанализировать работу алгоритмов и оценить используемый метод оптимизации.

Ниже приведена классификация метаэвристических алгоритмов оптимизации.

На данный момент решены следующие задачи:

1. Для группы эволюционных алгоритмов подготовлена теоретическая информация о методе «искусственной иммунной системы», «методе разброса». Осуществлена программная реализация данных методов.

2. Для группы алгоритмов, имитирующих физические процессы, подготовлена теоретическая информация и программно реализован «метод гравитационной кинематики».

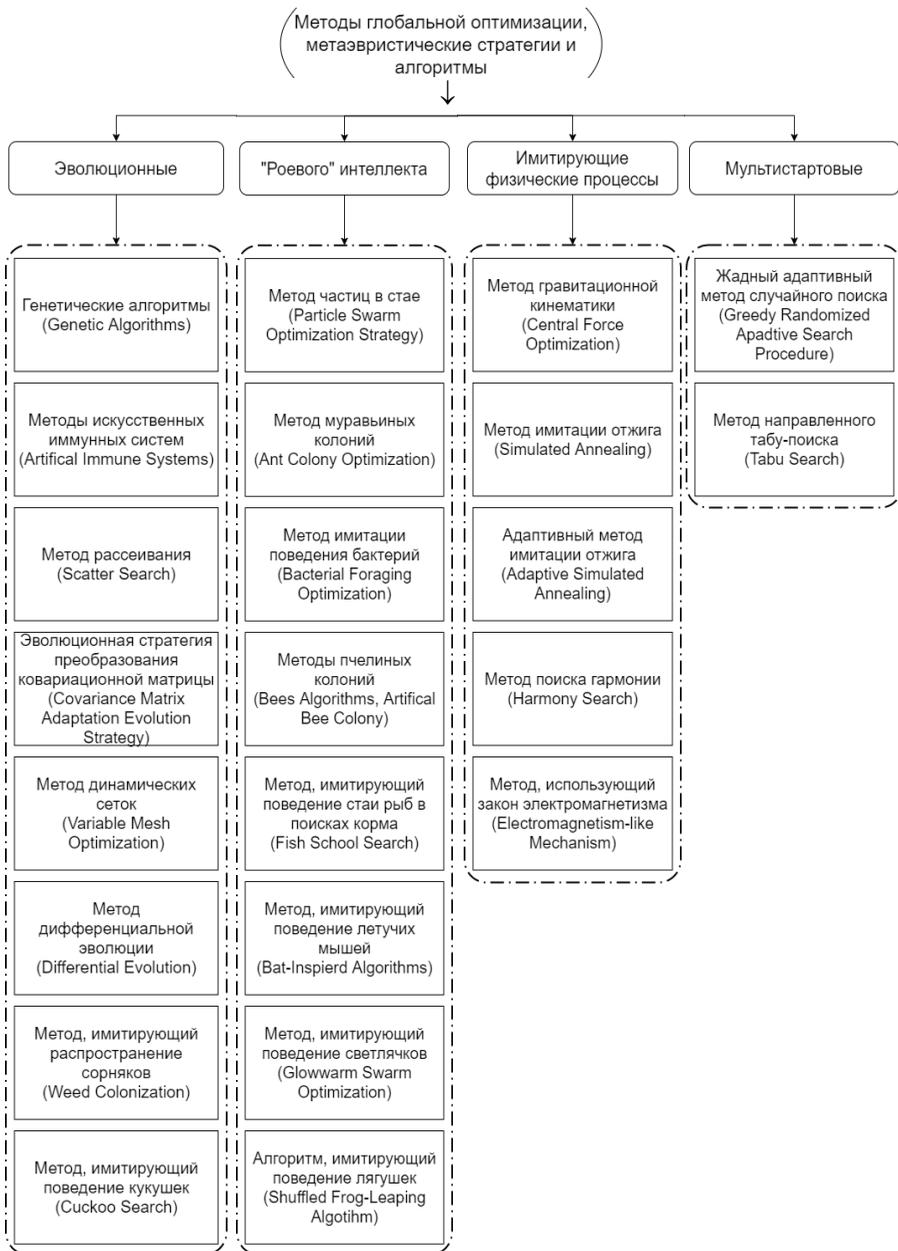


Рис. 1. Классификация метаэвристических алгоритмов

3. Для группы алгоритмов «роевого» интеллекта ведется работа над алгоритмом «метод имитации поведения бактерий», подготовлена информация о методе, ведется программная реализация.

4. Для группы мультистартовых алгоритмов подготовлена теоретическая информация об алгоритме «направленного табу-поиска» и об алгоритме «жадного адаптивного метода случайного поиска», ведется программная реализация данных методов.

В процессе работы над комплексом решены следующие задачи:

1. Изучена предметная область. Проведен анализа научно-технической литературы.

2. Описаны шесть метаэвристических методов оптимизации. Также приведены исторические справки о данных методах.

3. Разработан интерфейс комплекса, программно реализованы вышеперечисленные методы, которые позволяют пользователю визуально отображать работу и оценивать поведение алгоритмов при поиске решения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мицель А.А. Методы оптимизации: учеб. пособие / А.А. Мицель, А.А. Шелестов, В.В. Романенко. – Томск: ФДО, ТУСУР, 2017. – 198 с.

2. Пантелеев А.В. Методы глобальной оптимизации. Метаэвристические стратегии и алгоритмы / А.В. Пантелеев, Д.В. Метлицкая, Е.А. Алешина. – М.: Вузовская книга, 2013. – 244 с.

УДК 004.93`12

### **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРОГРАММЫ ПОСТРОЕНИЯ СКЕЛЕТНОЙ МОДЕЛИ ЧЕЛОВЕКА ПО ЕГО ИЗОБРАЖЕНИЮ**

*А.А. Мороз, К.С. Некипелов, студенты каф. АСУ*

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

*г. Томск, каф. АСУ, kty@asu.tusur.ru*

*Проект ГПО АСУ-1902 «Параметры походки человека»*

Представлен прототип алгоритма работы приложения для обработки потока фотографических изображений походки человека с целью построения скелетной модели. Рассмотрены основные этапы алгоритма построения скелетной модели фигуры человека, восстанавливаемой из видеоматериала.

**Ключевые слова:** скелетная модель, приложение, программа, фигура человека, походка человека, DOF, центр тяжести.

Объектом работы является алгоритм построения скелетной модели человеческого тела на основе изображения.

Цель работы – разработка информативной системы анализа параметров ходьбы человека путем построения его скелетной модели.

Обработка видеозаписи начинается с разделения ее на последовательность кадров, которые далее обрабатываются группой фильтров для выравнивания шумов и приведения всех кадров к одинаковым состояниям. Далее производится процесс выделения фигуры человека путем нахождения разности между кадром с фигурой и кадром без нее. Затем следует очищение полученного изображения от артефактов, появляющихся в процессе выделения фигуры. Итогом работы данного этапа является группа обработанных изображений, содержащих фигуру человека в различных позах, которую можно использовать на следующем этапе работы.

Следующий этап – этап поиска локальных центров тяжести человеческого тела. На данном этапе изображение разделяется на блоки в соответствии с пропорциями человеческого тела. Сперва определяются положение человеческой головы и ее размеры. Далее на основе данных размеров проводится разделение фигуры человека на остальные блоки, такие как туловище, ноги и ступни, что соответствует уровню 5 DOF (степеней свободы). После чего для каждого блока проводится поиск координат центра тяжести по формуле (1):

$$x_c = \frac{\sum \sum (i * x)}{\sum \sum i}, \quad (1)$$

где  $x_c$  – координата центра тяжести;  $i$  – значение цвета в точке с координатой  $(x, y)$  равно 0, если черный, и 1, если белый;  $x$  – координата по оси  $OX$ .

Аналогичная формула используется для поиска у координаты точки.

После вычисления обеих координат локального центра тяжести, полученные данные записываются в общий массив точек. Все точки, полученные на данном этапе, позволяют найти всю необходимую информацию для построения скелетной модели фигуры человеческого тела, что изображено на рис. 1.

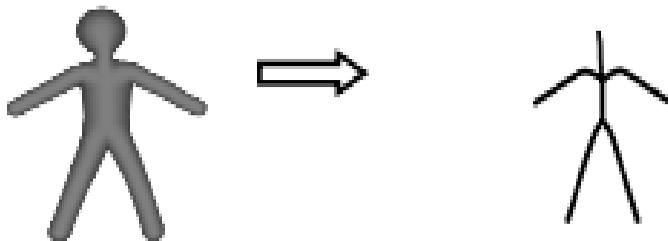


Рис. 1. Переход от фигуры человека, выделенной на изображении, к скелетной модели

Следующим этапом алгоритма программы является определение параметров скелетной модели. На данном шаге производится вычисление данных человеческой фигуры на основе пропорций человеческого тела. Благодаря этому получается полный набор информации, необходимый для проведения анализа и построения скелетной модели. Полученные на данном этапе данные сохраняются в базу данных для дальнейшего использования.

На последнем этапе проводится визуализация скелетной модели путем построения точек, определенных на предыдущих этапах, в поле вывода результата. После чего получаем построенный вариант скелетной модели, изображенный на рис. 2. На основе скелетной модели пользователь программы имеет возможность провести визуальный анализ полученных данных. После чего конечный результат сохраняется в базу данных.

При помощи разработанной программы были получены результаты, необходимые для анализа индивидуальных показателей моторной активности человека. В таблице приведен пример для кадра, изображенного на рис. 2.



Рис. 2. Визуализация скелетной модели человека

#### Результаты работы программы

Номер узла DOF	Координаты ЦТ	Угол, град
1	(20, 57)	3,7555416798340446
2	(122, 62)	5,882224598443383
3	(233, 42)	9,65590958592655
4	(302, 14)	10,097717415245528
5	(204, 87)	11,03072147417435
6	(279, 81)	12,058312630011647

Таким образом, при полном выполнении алгоритма программы получаем таблицу, содержащую в себе значения углов, которые мож-

но использовать для выделения особенностей походки человека. Данную таблицу, в свою очередь, можно назвать математическим вариантом скелетной модели человека.

Работа произведена в рамках проекта ГПО АСУ-1902 под руководством д.т.н., проф. М.Ю. Катаева.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Катаев М.Ю., Катаева Н.Г., Коробко А.П., Шаймарданов Т.М. Методика построения фронтальной скелетной модели [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://journal.tusur.ru/storage/97952/23-Катаев-Катаева-Коробко-Шаймарданов.pdf?1516335483>, свободный (дата обращения: 16.09.2020).
2. Катаев М.Ю., Коробко А.П. Построение скелетной модели фигуры человека по потоку изображений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/postroenie-skeletnoy-modeli-figury-cheloveka-potoku-izobrazheniy/viewer>, свободный (дата обращения: 17.09.2020).
3. Катаев М.Ю., Коробко А.П., Котельникова Н.А. Оценка угловых параметров походки человека из скелетной модели, полученной на основе обработки изображений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26151099&>, свободный (дата обращения: 17.09.2020).

УДК 697.275.5

### РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛЫМ ПОЛОМ, ИНФОРМИРОВАНИЕ ОБ УТЕЧКЕ ГАЗА И ОТСЛЕЖИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА ПОМЕЩЕНИЯ (ТЕМПЕРАТУРА, ВЛАЖНОСТЬ)

*Е.А. Буянкина, К.С. Вильчинский, Э.А. Пархоменко,  
М.А. Самохин, В.С. Сергеев, студенты  
г. Томск, НИ ТПУ*

Представлен результат конструирования системы "Умный дом", включающей автоматическое управление теплым полом, информирование об утечке газа и отслеживание параметров микроклимата помещения (температура, влажность). Описываются устройство и его принцип работы. Проведены эксперименты по определению погрешности измерения температуры и влажности устройством.

**Ключевые слова:** микроконтроллер, программирование, датчик.

Актуальность проекта заключается в повышенной функциональности: помимо регулирования температуры воздуха устройство измеряет влажность воздуха и сигнализирует о превышении допустимой концентрации природного газа в воздухе. Использование устройства

позволяет производить мониторинг внутреннего состояния дома на маленьком дисплее. Были рассмотрены распространённые на рынке терморегуляторы подогрева пола, и на основе их свойств и функций было сконструировано описанное устройство.

Устройство разработано на основе микроконтроллера Arduino Pro Mini и содержит в собственной сборке датчик газа MQ-4, датчик температуры DS18B20, датчик влажности и температуры VME280. Выбранный микроконтроллер обладает достаточным количеством цифровых каналов для подключения, что позволяет подключить к нему датчики температуры, газа, влажности, а также быстро обрабатывать получаемую от датчиков информацию [1]. Управление устройством осуществляется посредством энкодера. Информирование пользователя о превышении допустимого значения концентрации природного газа в помещении сопровождается звуковым сигналом зуммера. Модуль реле в схеме необходим для включения/выключения нагревательного элемента. Схема устройства изображена на рис. 1.

Для передачи актуальной информации о состоянии окружающей среды в помещении, а также состоянии устройства пользователю использован дисплей LCD TFT с параллельным 8-битным интерфейсом передачи данных.

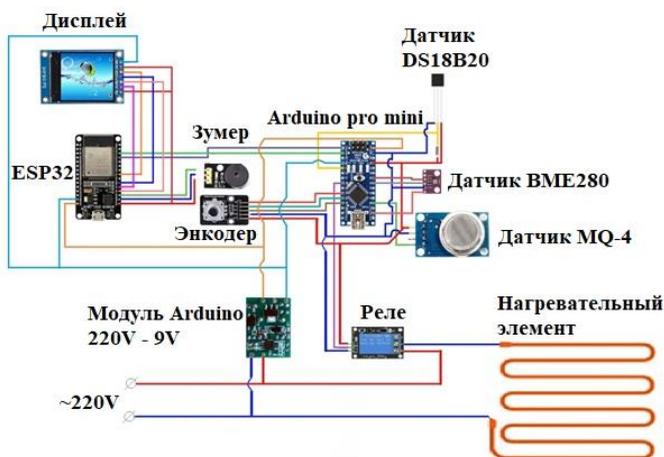


Рис. 1. Схема устройства

Для связи дисплея с микроконтроллером Arduino Pro Mini в устройстве использовался модуль ESP32. Связь осуществляется посредством универсального асинхронного приемопередатчика (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter, UART) [2]. Такая связь

позволяет в дальнейшем перепрошивать Arduino Pro Mini удаленно по сети Wi-Fi, не разбирая готовое устройство.

Для данного протокола UART [3] был разработан собственный интерфейс, в котором пакет состоит из 9 байтов, первые 4 байта передают данные о температуре с датчика DS18B20, следующие 4 байта содержат информацию о показаниях датчика газа MQ-4, 9-й передает информации о состоянии реле.

Работа собранного устройства изображена на рис. 2. На первой строке отображается температура воздуха в помещении, на второй влажность, на третьей строке отображаются границы гистерезиса (синее – 1 и красное – 3 числа) и температура нагревательного элемента (зеленое – 2).



Рис. 2. Дисплей работающего устройства

Устройство протестировано, работает без сбоев. Кроме того, проведены исследования точности измерения переменных и поддержания требуемой температуры.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Петин В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino // Радиотехника и электроника. – СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 401 с.
2. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного программирования / под ред. В.П. Дьяконова. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 256 с.
3. Бьерн Страуструп. Язык программирования C++ / пер. с англ. С. Анисимова, М. Кононова; под ред. Ф. Андреева, А. Ушакова. – Спец. изд. – М.: Binom Publishers; СПб.: Нев. диалект, 2001. – 1098 с.

## ВЛИЯНИЕ КАРАНТИНА 2020 ГОДА НА УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ АТМОСФЕРЫ ЗЕМЛИ

*И.В. Литовкин, К.Д. Глухих, Г.В. Прохорова,  
Д.В. Пигорев, Р.А. Сарибекян, студенты*

*Научный руководитель А.К. Лукьянов, доцент, к.т.н.  
г. Томск, ТУСУР*

Приведено краткое описание нашего проекта и его работы, а также анализ влияния мегаполисов на атмосферу путем выбросов CO<sub>2</sub> при работе разнообразных предприятий на примере одного мегаполиса.

**Ключевые слова:** Земля, атмосфера, CO<sub>2</sub>.

Атмосфера – это газовая оболочка небесного (или астрономического) тела, которая удерживается вокруг него благодаря действию гравитационных сил. На 78% оболочка состоит из азота, на 21% – из кислорода. Среди прочих компонентов присутствуют аргон, углекислый газ, гелий, водород и др.

Ежегодно общее содержание углекислого газа в атмосфере увеличивается, так как на планете работает довольно много заводов. При пандемии коронавируса 2020 г. на определенный промежуток времени работа многих заводов была приостановлена.

Для того чтобы отследить общее содержание CO<sub>2</sub> в атмосфере, существует онлайн-сервис Windy.com. Он позволяет просмотреть данные о погоде, а также содержание газов в атмосфере. Данный сервис имеет один недостаток: данные на нем доступны только на текущий момент времени. Для решения этой проблемы нами был создан сервис, который позволяет просматривать данные за несколько лет.

Для разработки проекта были использованы следующие средства: язык программирования Python 3, потому что он является гибким инструментом для написания серверной части проекта, в нем имеется множество различных библиотек, которые позволяют работать с данными, с помощью которых можно быстро решить поставленную задачу, и СУБД MySQL, так как она является одной из самых популярных и мощных СУБД на данный момент. Для нее есть специальный инструмент, с помощью которого можно легко работать с базами данных и таблицами прямо в браузере. Для создания серверной части проекта был выбран фреймворк Flask, так как он хорошо подходит для создания маленьких сервисов, например таких, как наш. Для работы проекта были использованы данные со спутника GOSAT. В перспективе будут добавлены данные со спутников OCO-2 и TanSat.

На рис. 1 изображен интерфейс разрабатываемой программы, показывавший распределение общего содержания  $\text{CO}_2$  за 2017 г.

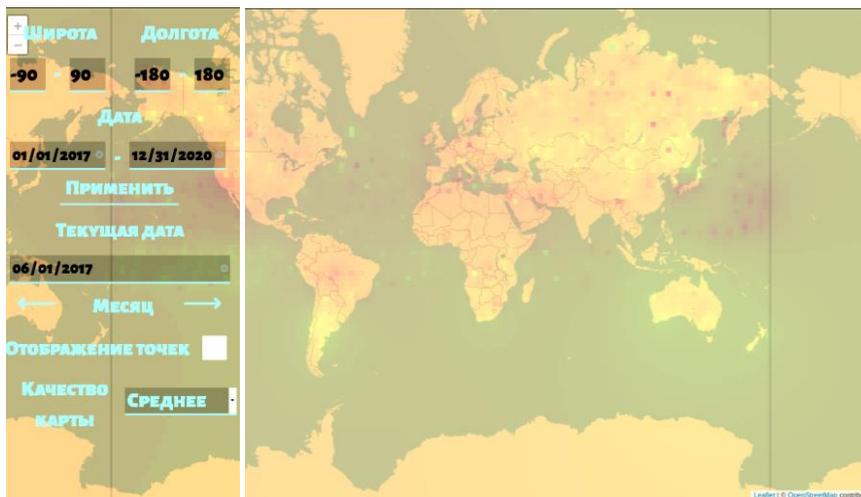


Рис. 1. Интерфейс разрабатываемой программы

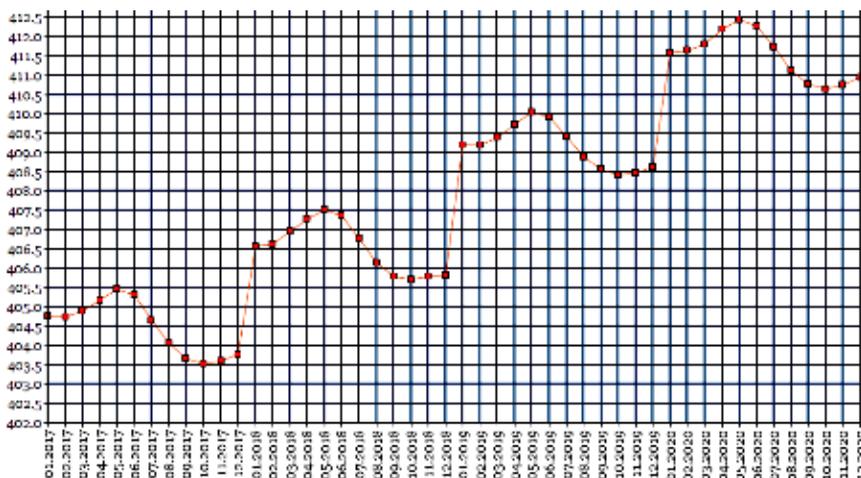


Рис. 2. График изменения концентрации углекислого газа на Северном полушарии за 2017–2020 гг.

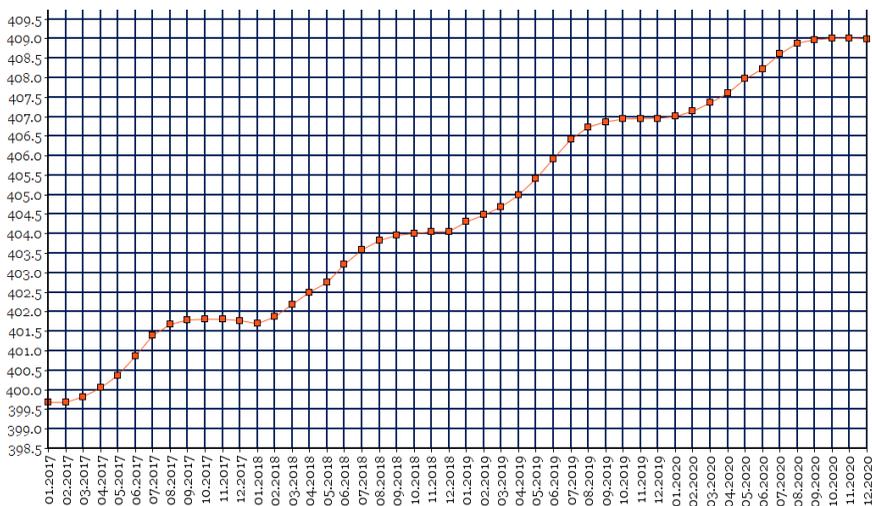


Рис. 3. График изменения концентрации углекислого газа на Южном полушарии за 2017–2020 гг.

Рассмотрим алгоритм работы проекта. Для того чтобы получить данные со всей планеты, пользователю необходимо ввести значения широты в рамках от  $-90$  до  $+90^\circ$ , значения долготы от  $-180$  до  $+180^\circ$  и значения периода, за который необходимо получить данные. Далее пользователь должен нажать на кнопку «Применить», чтобы данные отправились серверу на обработку. Сервер подключается к базе данных и берет из нее данные газа, удовлетворяющие полученным условиям, после чего возвращает их на клиентскую часть. На стороне клиента происходит вывод полученных данных на карту.

Из данных на обоих графиках (рис. 2 и 3) можно сделать вывод о том, что уровень общего содержания  $\text{CO}_2$  стабильно увеличивается и ежегодный прирост на каждом полушарии составляет в среднем 2–3 ppm.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Несмотря на пандемию, уровень концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере остается высоким [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://news.un.org/ru/story/2020/11/1390992> свободный (дата обращения: 24.02.2020).
2. Веб-аналог нашего продукта Windy.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.windy.com/ru/-Концентрация-CO-cosc> свободный (дата обращения: 24.02.2020).
3. Данные со спутника OCO-2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://co2.jpl.nasa.gov/#mission=OCO-2> свободный (дата обращения: 24.02.2020).

4. Данные со спутника GOSAT [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://data2.gosat.nies.go.jp/> свободный (дата обращения: 24.02.2020).

УДК 004.932

## **ИЗУЧЕНИЕ АЛГОРИТМА ЗАХВАТА ДВИЖЕНИЯ VNECT**

*А.С. Новикова, С.А. Хоменкова, К.К. Плехова,*

*А.Д. Ковейлер, студенты каф. АСУ*

*Научный руководитель М.Ю. Катаев, проф. каф. АСУ, д.т.н.  
г. Томск, ТУСУР, novikova.a.449-1@e.tusur.ru, kmy@asu.tusur.ru  
Проект ГПО АСУ-2104 «3D-движение человека».*

Проект предполагает освоение алгоритма VNeCT, с помощью которого через некую последовательность кадров выделяется фигура человека. Затем на основе выделенной фигуры построить скелетную модель.

**Ключевые слова:** VNeCT, модель, движение, нейронная сеть, скелет, алгоритм, захват.

Захват движения человека изменил мир кино и развлечений. Начиная с мультипликаций прошлого века, где актеры становились моделями для художников, был создан ротоскоп, позволявший переносить фигуру человека на лист бумаги, что облегчало работу мультипликаторов при работе с реальными движениями. Затем в мир пришла эпоха 3D, а с ней и возможность переносить полноценное движение человека на модели в компьютере. Такие технологии получили широкое применение в фильмах и компьютерных играх.

На данный момент существуют два вида захвата движения: маркерный и безмаркерных. К маркерным технологиям относится захват движений с датчиков, которые находятся на специальном костюме актера. Данная технология сегодня является более востребованной, так как позволяет захватывать более детальные движения, нежели безмаркерный способ. Безмаркерные технологии отстают по качеству захвата движений, так как они опираются лишь на кадры с видео, что затрудняет построение скелета модели. Самой известной на сегодняшний день технологией такого захвата является iPi Desktop Motion Capture, рассчитанная на недорогие камеры в количестве до 4 штук. Еще одной из популярных технологий является Kinect. Благодаря программе, в которой прописано около 200 движений, можно будет предположить, куда двинется человек в следующий момент, что улучшило захват движения. Однако данная технология не всегда могла среагировать в такт с пользователем.

Основная проблема существующих алгоритмов захвата движения человека заключается в изменении глубины кадров, построении нереалистичных поз человека или проваливании скелетной модели сквозь пол из-за теней.

В качестве изучаемого алгоритма берется VNect, который позволяет с помощью одной RGB-камеры захватить движение человека в 2D- и перенести его на скелетную 3D-модель. Мы будем использовать стандартную видеосъемку 25 кадров в секунду. Съемка может осуществляться для вращения или сцены. При вращении мы получим статичную модель человека. Такой метод съемки можно использовать при создании 3D-копии человека, нам такой метод не подойдет. При съемке сцены или сагиттальной плоскости захватывается движение человека в полный рост при движении по диагонали, этот вариант соответствует нашей задаче. Будут сделаны несколько видеороликов. При съемке в профиль сделаем 2 шага вправо и 4 шага влево. Также в данном методе будет съемка изменения движения с 180° на 90° и движение на камеру 2–3 шага. Данные видео будут использоваться после обучения нейронной сети для проверки точности ее работы.

VNect обрабатывает каждый кадр видео. Отсюда вытекает следующая проблема – затратное использование ресурсов компьютера, т.е. обработка будет идти длительное время.

Началом работы алгоритма будет обработка первого кадра. На всей фотографии нейронная сеть будет искать фигуру человека. Найдя ее, алгоритм вырезает прямоугольную область вокруг. Это делается для уменьшения рабочей области и увеличения производительности.

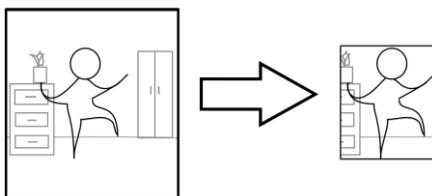


Рис. 1. Выделение области с фигурой человека

После выделения области используется сверточная нейронная сеть (или CNN), включающая ResNet50. Ее работа включает в себя два этапа: создание 2D-карты ключевых точек и 3D-карты локации. В первом этапе, с помощью тепловой карты, выделяя точки, обозначим их как  $H_i$ , в которых будут гнуться суставы. Вторым этапом нейронная сеть работает над 3D-картой локации, т.е. изображение разделяется на объекты, которые отделены от камеры на разное расстояние. Таким образом, из двухмерной системы координат мы перемещаемся

в трехмерную систему координат. Создается 3 карты локации по  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ . Это позволяет определить положение ключевых точек в пространстве. В итоге мы получим слой с ключевыми точками  $H_i$ , а также карты положения объектов в пространстве  $(X_i, Y_i, Z_i)$ , что упрощает определение местоположения  $H_i$ .

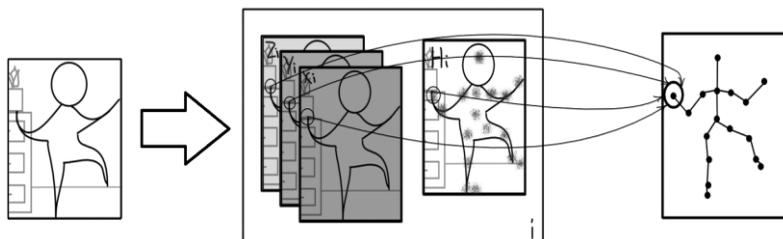


Рис. 2. Создание 2D-карты ключевых точек и 3D-карты локации

Следующим этапом алгоритм VNect размещает ключевые точки скелета, основываясь на полученных данных, в пространстве. Затем эти точки объединяются в единую скелетную модель.

Последующие фотографии обрабатываются следующим образом. На основе ключевых точек прошлого изображения берется область на новом изображении, добавляется 40% к ширине и 20% к высоте. Область выравнивается по горизонтали относительно центра тяжести.

Так как алгоритм VNect использует нейронную сеть, то нужно использовать большую базу данных со всевозможными фотографиями и позами людей. Для обучения можно использовать следующие data sets: MPI-INF-3DHP, содержащую огромную базу фотографий, которая позволит тренировать нейронную сеть в создании 2D-карты ключевых точек, и Human3.6m для изучения положения поз человека в пространстве.

Видео обрабатывается внутри программы, после чего результат выводится в графике. Технология имеет большую область применения от помощи художникам-аниматорам до использования в медицине.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. VNect: Real-time 3D Human Pose Estimation with a Single RGB Camera / D. Mehta, S. Sridhar, O. Sotnychenko, H. Rhodin, M. Shafiei, H.-P. Seidel, W. Xu, D. Casas, C. Theobalt // ACM Transactions on Graphics. – 2017. – Т. 36, № 4, ч. 44. – Р. 1–11.
2. VNect: Real-time 3D Human Pose Estimation with a Single RGB Camera [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pdfs.semanticscholar.org/3907/928b73b4f6908a8204b3dd1b367021ab7090.pdf>, свободный (дата обращения: 06.03.2021).

3. VNect: Real-time 3D Human Pose Estimation with a Single RGB Camera [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gvv.mpi-inf.mpg.de/projects/VNect/>, свободный (дата обращения: 06.03.2021).

4. PhysCap: Physically Plausible Monocular 3D Motion Capture in Real Time [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gvv.mpi-inf.mpg.de/projects/PhysCap/>, свободный (дата обращения: 06.03.2021).

УДК 004. 896

## **РАСПОЗНАВАНИЕ РЕЧИ ПРИ ПОМОЩИ НЕЙРОСЕТИ**

*П.Г. Постников, студент каф. АСУ*

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

Рассматривается возможность применения нейронных сетей для распознавания речи, а также исследуется один из вариантов распознавания речи с помощью нейронной сети.

**Ключевые слова:** распознавание речи, нейросеть, методы, нейрон, речевой сигнал.

Среди всех способов взаимодействия пользователя с персональным компьютером речевое взаимодействие является редким. Однако речь в деятельности человека занимает не меньшее место, чем зрение. Поэтому применение программной системы распознавания речи позволит решать множество задач человеко-машинного взаимодействия (команды) более просто (например, набор текста и др.). Такой подход важен для здорового человека, а для человека с отклонениями по здоровью (например, зрение) существенно расширяет возможность получения новой информации.

Для оценки параметров речи человека типично применяются методы: амплитудно-частотные, спектрально-временные, кепстральные и нелинейной динамики и некоторые другие.

Все программные системы распознавания речи делятся на две группы: 1) распознавание слитной речи и 2) системы распознавания речевых сигналов. В первом случае произношение речевых команд проводится раздельно и так, чтобы паузы между командами были больше, чем внутрисловные паузы [1].

Работа с речевыми командами может быть представлена последовательностью шагов. На рис. 1 представлена классическая структура распознавания речи. Первый шаг связан с получением акустической волны микрофоном и преобразованием ее в электрический сигнал. Так как звуковые волны могут взаимодействовать между собой,

например с отраженными в комнате, то эти процессы формируют акустический шум, который в определенных условиях может оказывать сильное воздействие на сгенерированные речевые сигналы.

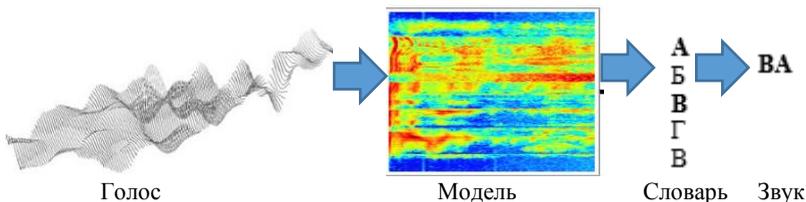


Рис. 1. Структура распознавания речи

Второй шаг (см. рис. 1) направлен на решение задачи преобразования электрического сигнала, с помощью цифровых подходов обработки в некоторую модель. Модель позволяет получать цифровое представление об основных звуковых колебаниях и выделения речевой части на некотором уровне шумового сигнала.

Далее на третьем шаге алгоритма модель сравнивается с шаблонами звуковых сигналов, которые представлены словарем (см. рис. 1). Это позволяет выделить индивидуальные особенности преобразованного сигнала. Данную процедуру можно осуществить при помощи различных методов, например при помощи кепструм-анализа и спектрограммы (см. рис. 1). Этот подход позволяет классифицировать извлеченные аналоги звуков речи по звуковому словарю.

Процесс классификации предлагается проводить с помощью метода нейронных сетей. Для этого, первым делом проводится нормализация входного сигнала на диапазон  $[0,1]$ . Надо заметить, что образцы аудиозаписи никогда не воспроизводят одинаковые формы сигнала; фоновый шум, амплитуда и длина обычно разные. Поэтому далее выполняется процедура предварительной обработки сигнала, которая позволяет сократить влияние шумовой составляющей. Это значит, что применение правильных методик фильтрации шума играет решающее значение в точности классификации [2].

Наиболее используемая нейронная сеть при распознавании речи – это многослойный персептрон, общая структура которого состоит из нескольких слоев. Нейроны, находящиеся в его структуре, часто функционируют по модели МакКаллока–Питса, соответствующей функции, представленной в формуле (1):

$$y_k(t) = f(u_k(t)). \quad (1)$$

Одним из самых известных алгоритмов обучения для многослойного персептрона является алгоритм обратного распространения

ошибки, который реализует управляемое обучение (обучение «с учителем») [3]. Нейронная сеть – это некоторая формальная математическая процедура  $F()$ , которая связывает входную и выходную информацию через  $w$  весовые множители:  $y(\text{output})=F(\text{input},w)$ . Основным моментом при обучении нейронной сети является коррекция весов, которая производится по целевой функции, представленной в формуле (2):

$$w_{ij}(t+1) - \eta \frac{\delta E}{\delta w_{ij}(t)} x_i(t), \quad (2)$$

где  $\eta$  – коэффициент обучения.

Для начала подход с нейронными сетями предполагает получение данных о речи. После того как на первом шаге получен некий набор данных, строится таблица, в которой каждому элементу соответствует набор чисел. В итоге получается так, что каждому нейрону соответствует набор значений. Но на последнем слое будет всего лишь один нейрон. Это и есть нейронная сеть с обратной связью.

Подводя итог, можно сказать, что несмотря на выбор того или иного вида нейронной сети, общий вид алгоритма распознавания речи будет выглядеть следующим образом:

1. Звуковой сигнал с помощью набора полосовых фильтров или преобразования Фурье представляется в виде спектра и подвергается различным преобразованиям.

2. Полученный спектр нормируется на 1.00 и подается на входной слой нейронной сети.

3. Обучение нейросети с помощью одного из вышеописанных методов.

4. Генерация символов/слов из выходном слое нейросети благодаря тому, что нейроны выходного слоя ассоциированы с символами алфавита или же словами в словаре.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Aurelien Geron Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems. – O'Reilly Media, 2017. – 572 p.

2. Николенко С., Кадурин А., Архангельская Е.В. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей. – Питер, 2018. – 481 с.

3. Сагациян М.В. Разработка и исследование коллективных нейросетевых алгоритмов дикторонезависимого распознавания речевых сигналов: дис. ... канд. техн. наук. – Владимир, 2015.

## **ВЛИЯНИЕ МЕГАПОЛИСОВ НА ОБЩЕЕ СОДЕРЖАНИЕ CO<sub>2</sub> В АТМОСФЕРЕ ЗЕМЛИ**

*А.С. Прокудин, М.А. Беляева, А.В. Сороковиков,  
В.А. Якушин, Н.Ф. Зимин, студенты*

*Научный руководитель А.К. Лукьянов, доцент, к.т.н.  
г. Томск, ТУСУР, pandabelyeva@gmail.com*

*Проект ГПО АСУ-1901 «Информационная система визуализации  
научных данных»*

Приведено краткое описание нашего проекта и его работы, а также дан анализ влияния мегаполисов на атмосферу путем выбросов CO<sub>2</sub> при работе разнообразных предприятий на примере трех мегаполисов.

**Ключевые слова:** Земля, атмосфера, CO<sub>2</sub>.

Атмосфера Земли – газовая оболочка, окружающая планету Земля. Состояние атмосферы определяет погоду и климат на поверхности Земли. В какой мере углекислый газ и метан являются парниковыми газами, можно определить лишь из сравнения концентрации углекислого газа в атмосфере в районе генерации газов и в чистой зоне, свободной от промышленности. Одним из важнейших способов наблюдать за большими территориями является спутниковый мониторинг в целом и программа GOSAT в частности. В рамках этой программы разработан гиперспектральный Фурье-спектрометр TANSO-FTS, который позволяет определять общее содержание парниковых газов по измерениям отраженного солнечного излучения.

Для анализа данных TANSO-FTS необходимо программное приложение, которое осуществляет доступ к серверам, где они находятся. Заметим, что у разрабатываемой нами программы есть аналог Windy.com, который позволяет просмотреть данные о температуре, давлении, ветре и содержании различных газов (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>). Единственный недостаток данного аналога в том, что пользователю доступны лишь данные на текущий момент времени. Разрабатываемая нами программа позволяет просматривать данные за выбранный пользователем период времени и географический район.

Для разработки программы использовалась связка из следующих элементов: СУБД MySQL, которая позволяет обрабатывать множественное подключение пользователей, Python 3 и фреймворк Flask, который подходит для создания небольших сайтов.

Принцип работы программы достаточно прост: пользователь через сайт вводит в форму необходимые данные (значения широты, долготы территории и диапазон времени). Затем происходит подключение к базе данных, в которой хранятся уже загруженные и обработан-

ные данные со спутника уровня L2 (пока только GOSAT, однако в настоящее время происходит накопление данных спутниковых приборов OCO-2 и TANSAT). Данные для выбранной территории и времени поступают на разрабатываемый нами сайт. Заметим, что определенная часть данных может присутствовать в хранилище и тогда поступают только новые данные или недостающие в программе. Сами результаты запроса пользователя отображаются в виде графиков в палитре, где синий указывает на меньшую концентрацию, а красный на большую. Кроме этого, строятся в той же градации цветов 2D-карты пространственного распределения содержания выбранных газов.

Очень интересна с научной точки зрения задача о влиянии мегаполисов на состояние атмосферы, например, таких мегаполисов, как Токио, Нью-Йорк и Сеул. Для рассмотрения данных в области г. Токио за область мегаполиса был взят прямоугольник с координатами 35–36 с.ш., 139–140,5 в.д, а для области окрестностей – прямоугольник с координатами 37–38,3 с.ш. 139–141 в.д. (данные берутся как среднее значение по четырем месяцам: март, июнь, сентябрь и декабрь). Результаты сравнения общего содержания CO<sub>2</sub> представлены на рис. 1.

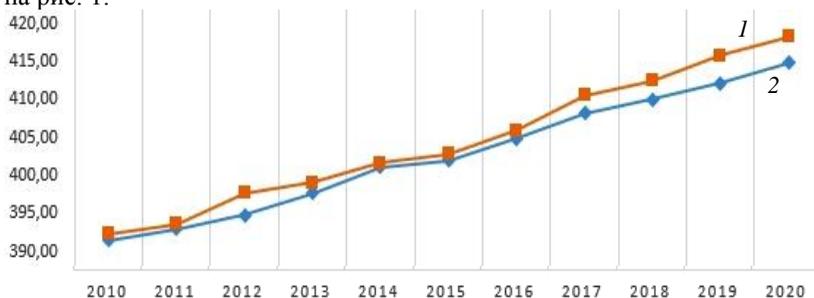


Рис. 1. Графики о динамике выбросов CO<sub>2</sub> в Токио (оранжевая линия – 1) и его окрестностях (синяя линия – 2)

Из данных на этом графике можно сделать вывод, что в промежутке с 2010 по 2020 г. количество выброшенного в атмосферу CO<sub>2</sub> хоть и возрастает, но в отношении с окрестностью выбросы мегаполиса постепенно снижаются. Таким образом, план по контролю выбросов CO<sub>2</sub> в Токио действительно приносит свои плоды.

Для другого мегаполиса – Нью-Йорка – была взята область прямоугольника с координатами 40,2–41,3 с.ш., 75–73 з.д., а для окрестности города, прямоугольник с координатами 40–42 с.ш., 80–77 з.д. (рис. 2). Из данных этого графика видно, что выбросы CO<sub>2</sub> в мегаполисе стабильно растут, а в окрестностях это происходит скачкообразным путем (иногда даже выше, чем в городе).

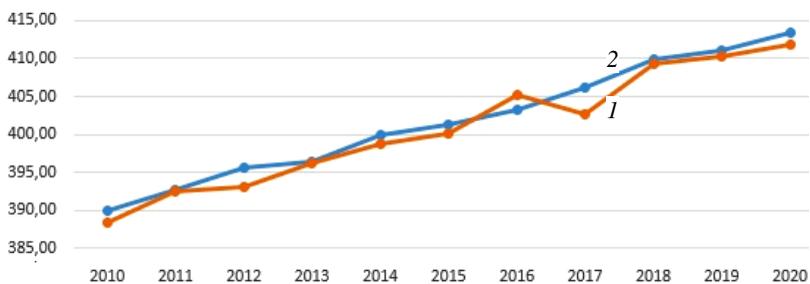


Рис. 2. Графики о динамике выбросов CO<sub>2</sub> в Нью-Йорке (оранжевая линия – 1) и его окрестностях (синяя линия – 2)

И третий мегаполис – это Сеул, где за область мегаполиса был взят прямоугольник с координатами 35,3–36,3 с.ш., 139,2–140,5 з.д., а для окрестности – прямоугольник с координатами 36,5–38 с.ш., 139–141 з.д. (рис. 3). Из данных этого графика видна та же динамика, что и в Токио.

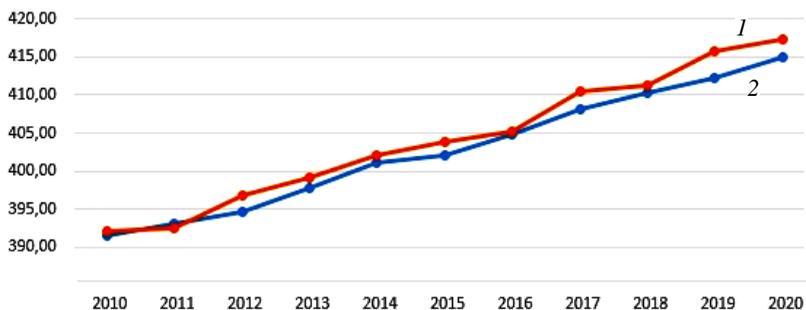


Рис. 3. Графики о динамике выбросов CO<sub>2</sub> в Сеуле (оранжевая линия – 1) и его окрестностях (синяя линия – 2)

Таким образом, за последние 10 лет в трех городах-мегаполисах происходит рост содержания CO<sub>2</sub> и тенденция снижения (замедления роста) пока не прослеживается. Для г. Токио заметна существенная разница между городом и его окрестностями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Токио запустил систему сокращения выбросов парниковых газов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/1728646>, свободный (дата обращения: 24.02.2020).
2. Веб-аналог нашего продукта Windy.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Windy: концентрация CO, свободный (дата обращения: 24.02.2020).

## **ПОДСЕКЦИЯ 3.2**

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

*Председатель секции – Сенченко П.В., проректор по учебной  
работе ТУСУРа, доцент каф. АОИ, к.т.н.;*  
*зам. председателя – Сидоров А.А., зав. каф. АОИ, к.т.н.*

УДК 004.054

#### **ТЕСТИРОВАНИЕ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ПРИ ПОМОЩИ ЭМУЛЯТОРОВ**

*М.А. Черкасова, студентка*

*Научный руководитель О.И. Жуковский, доцент каф. АОИ, к.т.н.  
г. Томск, ТУСУР, oleg.i.zhukovskii@tusur.ru*

В рамках исследования задачи тестирования мобильных приложений производится обзор существующих эмуляторов, используемых для тестирования мобильных устройств, проводится их сравнительный анализ.

**Ключевые слова:** тестирование мобильных приложений, эмуляторы.

Мобильные приложения являются быстрорастущим направлением развития информационных технологий. В современном мире у каждого человека есть мобильный телефон и, возможно, даже не один. В связи с этим каждая компания старается выпустить свое приложение, которое поможет им в продвижении на рынке.

Любое мобильное приложение перед тем, как его выпустить необходимо протестировать на смартфоне. Для эффективного тестирования мобильных приложений можно использовать различные инструменты, которые улучшат качество работы тестировщиков и ускорят весь процесс. Одним из этих инструментов может быть эмулятор. Эмуляторы помогают протестировать большое количество устройств, не имея их в наличии.

Основные особенности тестирования мобильных приложений заключаются в том, что тестирование должно определить, как реагирует приложение на незапланированные действия пользователей. Если, например, разблокированный гаджет оказался в кармане или сумке, приложение должно корректно справляться с набором хаотичных и бессвязных действий.

Также важным видом проверок являются проверки различного вида соединений. Такой вид проверки необходим, чтобы понять, как приложение будет вести себя в ситуациях, например, когда сигнал Wi-Fi едва уловим.

Разработчикам приложений эмуляторы очень полезны, поскольку позволяют тестировать приложение на разных конфигурациях и отлаживать его работу. Главное их преимущество заключается в том, что они помогают протестировать сложные сценарии, которые не рекомендуется или просто невозможно проводить на настоящих мобильных телефонах (если тесты могут вывести устройство из строя) [1].

Для рассмотрения были выбраны следующие эмуляторы: Genymotion, Android Studio, Bluestacks и Droid4X, поскольку они входят в ТОП-10 самых популярных эмуляторов на данный момент по версии портала «V-androidе.com» [2].

Проанализировав преимущества и недостатки этих эмуляторов и протестировав их работу на игре «FruitNinja», которая является приложением среднего уровня требовательности, была составлена сравнительная таблица характеристик эмуляторов ОС «Android» (таблица).

Пункты с названиями «ОЗУ» (оперативное запоминающее устройство), «ЦП» (центральный процессор), «Экран» подразумевают возможность настройки параметров этих устройств в настройках эмулятора.

Графа «Геоданные» указывает на возможность эмулировать местоположение. Графа «Сторонние арк» подразумевает под собой установку сторонних приложений не через Google Play.

**Сравнительная характеристика эмуляторов**

	Genymotion	Android Studio	Bluestacks	Droid4X
Версии Android	9	10	7–8	5
Сторонние арк	+	+	+	+
Скорость	+	+	+	–
ОЗУ	+	+	–	+
ЦП	+	+	+	+
Экран	+	+	–	+
Геоданные	+	+	+	–
	(только в платной версии)			
Цена	0/412\$ год	0	0	0
Преимущества	5	5	3	4

Из таблицы видно, что у каждого эмулятора есть свои недостатки. Все эмуляторы, кроме BlueStacks, позволяют менять системные параметры устройств. В то же время эмулятор Droid4X уступает по скорости и производительности другим эмуляторам и не позволяет тестировать геолокацию.

Очень важно при выборе эмулятора обратить внимание на поддерживаемые версии Android. Эмуляторы Android Studio и Genymotion предлагают новейшие версии ОС, в то время как BlueStacks и Droid4X предлагают версии, которые уже не поддерживаются разработчиками.

Данные, приведенные в графе «Преимущества», показывают, что лидерами являются эмуляторы Android Studio и Genymotion. Здесь выбор уже зависит от тестировщика. Если у него есть средства на приобретение лицензии Genymotion, то лучше выбрать именно его. Лицензия дает возможность при слабом ПК работать на серверах Genymotion, что повышает работоспособность системы. Если же нужен бесплатный эмулятор, то стоит остановиться на Android Studio, ведь он регулярно обновляется и поддерживает все необходимые функции.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Тестирование мобильных приложений для начинающих [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://qa-academy.by/qaacademy/news/testirovanie-mobilnykh-prilozhenij-dlya-nachinayushhix/> (дата обращения: 12.05.2020).

2. Рейтинг лучших Android эмуляторов для PC и Mac в 2021 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://v-androide.com/obzory/emuljatory-obzory/rejting-luchshix-android-emulyatorov-dlya-pc-i-mac-v-2018-godu.html> (дата обращения: 15.03.2021).

УДК 658.51

### **ПРЕДПОСЫЛКИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОЦЕССОВ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ, НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК**

*К.Б. Казакова, аспирант каф. АОИ;*

*А.С. Канисеев, аспирант каф. РЭТЭМ*

*Научный руководитель Ю.Б. Гриценко, доцент каф. АОИ, к.т.н.  
г. Томск, ТУСУР, kazakova@main.ru*

Рассмотрены предпосылки цифровой трансформации для процессов коммерциализации инновационных научно-технических разработок на примере внебюджетной деятельности ФГБОУ ВО «ТУСУР». Предложен потенциальный вектор цифровизации узких мест в деятельности отдела «Офис инновационных проектов и коммерциализации разработок» при реализации процессов коммерциализации разработок.

**Ключевые слова:** цифровая трансформация, коммерциализация, инновационная деятельность, разработки, коммуникативные мероприятия, эффективность.

Внедрение современных технологий в бизнес-процессы компаний вне зависимости от сферы их деятельности представляет собой процесс цифровой трансформации. В процессе цифровой трансформации принимают участие не только высокотехнологичное оборудование и современное программное обеспечение, но и кардинальное переосмысление бизнес-процессов в области корпоративной культуры, управления и многих других аспектов, необходимых для стабильного функционирования организаций [1].

Во всех странах мира присутствует осознание необходимости в поддержке формирования и внедрения процессов цифровой трансформации и цифровизации экономики, конечной целью которой является сохранение текущих позиций на рынке и увеличение конкурентоспособности в цифровом пространстве новой мировой экономики. Так, в рамках реализации Указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», в том числе с целью достижения решения задачи по обеспечению ускоренного внедрения цифровых технологий в экономике и социальной сфере, Правительством государства была сформирована и утверждена национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации». В текущий сложный период для России необходимо как можно оперативнее трансформировать текущую традиционную экономику в быстро прогрессирующую современную – интеллектуальную, информационную и цифровую. Этот путь развития является неизбежным, так как от этого напрямую будет зависеть дальнейшее социальное, экономическое кризисное состояние, что впоследствии приведет к политическому неравновесию, что, в свою очередь, приведет к упадку страны в технологическом, а затем и социально-экономическом плане от развивающихся стран мира [2].

Преимуществами цифровой трансформации являются:

- Улучшение клиентского опыта. Клиент наблюдает, что современные технологии делают процессы более оперативно выполняемыми и простыми, поэтому в дальнейшем ожидает таких же изменений и от других предприятий.

- Гибкость и ускорение бизнес-процессов. Если компания не использует в своей деятельности современных технологий, не адаптируется к интенсивному перестроению современной экономики и особенностям ведения бизнеса, то в скором будущем не сможет быть конкурентоспособной на рынке.

- Инновационные возможности для развития бизнеса. Различные приложения, расширения и коннекторы, оптимизирующие деятельность организаций и требующие минимальных временных затрат на их внедрение и адаптацию.

- Использование современных технологий для работы с данными.
- Партнерство и сотрудничество. Ведущие компании уже сейчас внедряют стратегии цифровой трансформации в деятельность и ставят цель в сотрудничестве только с теми организациями, которые соответствуют их уровню развития и разделяют их ценности.

Процесс коммерциализации инновационных проектов и разработок является сложной и неоднocomпонентной структурой инновационной деятельности. Процесс коммерциализации представляет собой поиск внебюджетных средств для финансирования разработок, в том числе посредством участия в коммуникативных мероприятиях (выставках, форумах и т.д.).

В результате проведенного анализа процессов отдела «Офис инновационных проектов и коммерциализации разработок» ТУСУРа были выявлены узкие места по следующим направлениям:

- недостаточная эффективность от участия в коммуникативных мероприятиях;
- нарушение связи в обеспечивающих процессах;
- неэффективное использование ресурсов [3].

Используя инструменты цифровой трансформации, возможно оптимизировать процессы и устранить отмеченные недостатки, тем самым повысить эффективность процессов коммерциализации инновационных проектов и разработок. Цифровизация может проявляться в различных аспектах: от перехода к электронному документообороту до создания узконаправленных информационных продуктов. Разнонаправленные информационные продукты путем построения логических взаимосвязей и регламентации деятельности могут быть объединены в единую информацию экосистему, обеспечивающую устойчивое функционирование процессов коммерциализации следующих моделей: «потребитель – разработчик», «разработчик – инновационное управление», «кадровое взаимодействие внутри департамента» [4].

Таким образом, цифровая трансформация узких мест процессов коммерциализации инновационных научно-технических разработок может обеспечить не только оптимизацию деятельности, но и повысить эффективность и результативность выполняемых действий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Цифровая трансформация современных предприятий: возможности и проблемы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.hpe.com/ru/what-is/digital-transformation.html> (дата обращения: 05.03.2021).
2. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts> (дата обращения: 02.03.2021).

3. Казакова К.Б. Регламентация деятельности инновационной инфраструктуры образовательной организации на примере ФГБОУ ВО «ТУСУР»: дис. ... магистра «Управление качеством», 27.04.02. – Томск: ТУСУР, 2020. – 105 с.

4. Цифровой маркетинг вуза [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoy-marketing-vuza> (дата обращения: 07.03.2021).

УДК 004

## **ПРОТОКОЛ MQTT ДЛЯ КОММУНИКАЦИИ СИСТЕМЫ С УДАЛЕННЫМ СЕРВЕРОМ**

*Д.Е. Павликов, М.А. Пикуль, Е.С. Бощенко,  
А.В. Тищенко, студенты каф. ЭМИС*

*Научный руководитель А.А. Матолыгин, ст. преп. каф. ЭМИС  
г. Томск, ТУСУР, mariapikul2@mail.ru*

*Проект ГПО ЭМИС-1908 «Программное обеспечение модулей  
управления внешними устройствами»*

Рассмотрен один из существующих протоколов, позволяющих обеспечить коммуникацию модулей IoT-сети между собой и/или с сетью Интернет.

**Ключевые слова:** IoT, протоколы связи модулей IoT-систем, протокол MQTT.

В данном проекте реализуется программно-аппаратный комплекс, представляющий собой сеть IoT (Internet of Things) [1]. В ходе реализации необходимо было определить канал связи для дистанционного управления модулями.

На данный момент существует огромное количество протоколов, позволяющих обеспечить коммуникацию различных модулей и подключение их к Интернету. Все они в той или иной мере отличаются качеством, производительностью, комфортом решения определенных задач. Одним из таких протоколов является протокол MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) [2], который используются в IoT-сетях [3].

Протокол MQTT является отличным вариантом для реализации коммуникации модулей в IoT-сетях. Данный протокол обеспечивает потоковую передачу данных между устройствами с ограниченной мощностью CPU (central processing unit), временем автономной работы, а также для сетей с низкой пропускной способностью, непредсказуемой стабильностью и высокой задержкой. Протокол MQTT построен на протоколе TCP/IP. Также существует ответвление MQTT-

SN для работы по Bluetooth, UDP, ZigBee и в других сетях IoT, отличных от TCP/IP. Одним из плюсов протокола MQTT является то, что он предоставляет различные уровни обслуживания для различных типов инфраструктуры IoT от повторяющейся выборки данных до управления промышленными машинами [4].

Данный протокол работает по принципу «издатель – подписчик» (publisher – subscriber). «Издатель» создает публикацию, т.е. отправляет брокеру сообщение под определенной темой. В свою очередь, брокер получает, хранит и передает сообщения, переданные «издателем». Затем «подписчик» осуществляет подписку на темы и получает сообщения, передаваемые под данной темой. Одна сторона реализуемого программно-аппаратного комплекса может быть как «подписчиком», так и «издателем». Схема работы протокола MQTT представлена на рис. 1.



Рис. 1. Схема работы протокола MQTT

Применение протокола MQTT в реализации данного программно-аппаратного комплекса не является единственным вариантом. Данный протокол подходит для использования в различных системах, в которых существует вероятность возникновения определенных нюансов во время их работы.

В системах датчиков окружающей среды существует проблема частичного покрытия территории и высокой задержки сети. Это означает, что информация может быть потеряна или дублироваться.

В системах промышленных датчиков, в которых необходима гарантированная доставка текущих показателей о работоспособности системы для быстрого реагирования на возникающие проблемы и предотвращение простоев на производстве, требуется слаженная работа специалистов. Путем гарантированного получения уведомлений они своевременно смогут реагировать на проблему и приступить к её решению.

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод, что протокол MQTT является отличным решением для передачи сообщений между частями реализуемого программно-аппаратного комплекса. Данный протокол хорошо подойдет для использования в системах, в

которых существуют высокая задержка, частичное покрытие сети связи, а также ограниченные ресурсы аппаратной части системы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Что такое интернет вещей? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/5db96f769a7947561444f118> (дата обращения: 01.03.2021).
2. MQTT: The Standard for IoT Messaging [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mqtt.org/> (дата обращения: 01.03.2021).
3. Что такое MQTT и для чего он нужен в IoT? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ipc2u.ru/articles/prostye-resheniya/chto-takoe-mqtt/> (дата обращения: 01.03.2021).
4. MQTT: A Conceptual Deep-Dive [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ably.com/topic/mqtt> (дата обращения: 01.03.2021).

УДК 004.41

#### РАСПРЕДЕЛЁННЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС АНАЛИЗА РЕЧИ

*А.С. Воронцов, А.С. Семенов, студенты каф. КИБЭВС*

*Научный руководитель А.А. Конев, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.*

*г. Томск, ТУСУР, sasha.voroncov.1999@gmail.com*

*Проект ГПО КИБЭВС-1910 «Речевые технологии»*

Рассматривается задача компьютерного моделирования методов обработки речи, основанных на принципах работы слуховой системы человека. Предложена структура программного комплекса, моделирующего этапы обработки звукового сигнала слуховой системой человека. Для этого предлагается использовать клиент-серверную архитектуру, где клиентская часть используется для отправки команд и отображения диаграмм с результатом обработки речевых сигналов оператору, а серверная – для выявления параметров и работы с базой данных.

**Ключевые слова:** речевые технологии, клиент-серверная архитектура, многоуровневая структура.

Целью данного проекта является разработка схемы и создание распределённого программного комплекса по распознаванию речи.

На текущий момент развития сферы информационных технологий самой популярной архитектурой для корпоративных приложений является клиент-серверная архитектура [1]. Особенностью модели взаимодействия клиент-сервер является то, что программный код клиентского приложения и серверного разделен. К преимуществам архитектуры клиент-сервер можно отнести пониженные требования к ма-

шинам клиентов, так как большая часть вычислительных операций будет производиться на сервере, а также архитектура клиент-сервер довольно гибкая и позволяет администратору сделать локальную сеть более защищенной.

Главным преимуществом многоуровневой архитектуры является разделение задач. Это значит, что каждый слой может выполнять только свою задачу. Многослойная модель архитектуры позволяет приложению быть ремонтпригодным, легко тестируемым, простым для назначения конкретных и отдельных ролей, а также для совершенствования слоёв по отдельности [2].

В качестве реализации приведенного выше условия для системы распределённого программного комплекса может быть предложена концептуальная схема. Структура программы показана на рис. 1.

Программная архитектура системы имеет многоуровневую структуру. На верхнем уровне в системе для взаимодействия с оператором используется графический интерфейс, для обмена информацией применяются API и стек протоколов TCP/IP. Протоколы нижнего уровня TCP/IP реализуются в виде набора стандартных библиотек, API представляют собой коды команд. На нижнем уровне находятся речевой корпус и ядро обработки, которые будут заниматься поиском и считыванием файлов записей речи из базы данных и их обработкой. Помимо организации межуровневого взаимодействия, программное обеспечение нижнего уровня отвечает за создание фильтров, требуемых для обработки речи, реализацию поиска указанных оператором записей в базе данных, а также оно отвечает за передачу информации с результатами обработки на хранение в базу данных с последующей передачей на клиентский модуль.

Узлы комплекса не могут напрямую взаимодействовать между собой, для этого используется связующий элемент, выполняющий роль моста между ними [3], так называемый «управляющий модуль».

Клиентский модуль написан на языке программирования Python с использованием библиотек tkinter, NumPy, Matplotlib.

База данных состоит из таблицы с WAV-файлами и таблиц с описанием параметров голоса диктора, помех, дефектов записи и прочего. Речевой корпус развёрнут на PostgreSQL.

Серверная часть написана на языке программирования C++.

В результате работы удалось создать комплекс, способствующий изучению речевых технологий, в частности, для выявления характерных особенностей звуков в речи человека. Комплекс создан с использованием современных технологий и архитектурных решений.

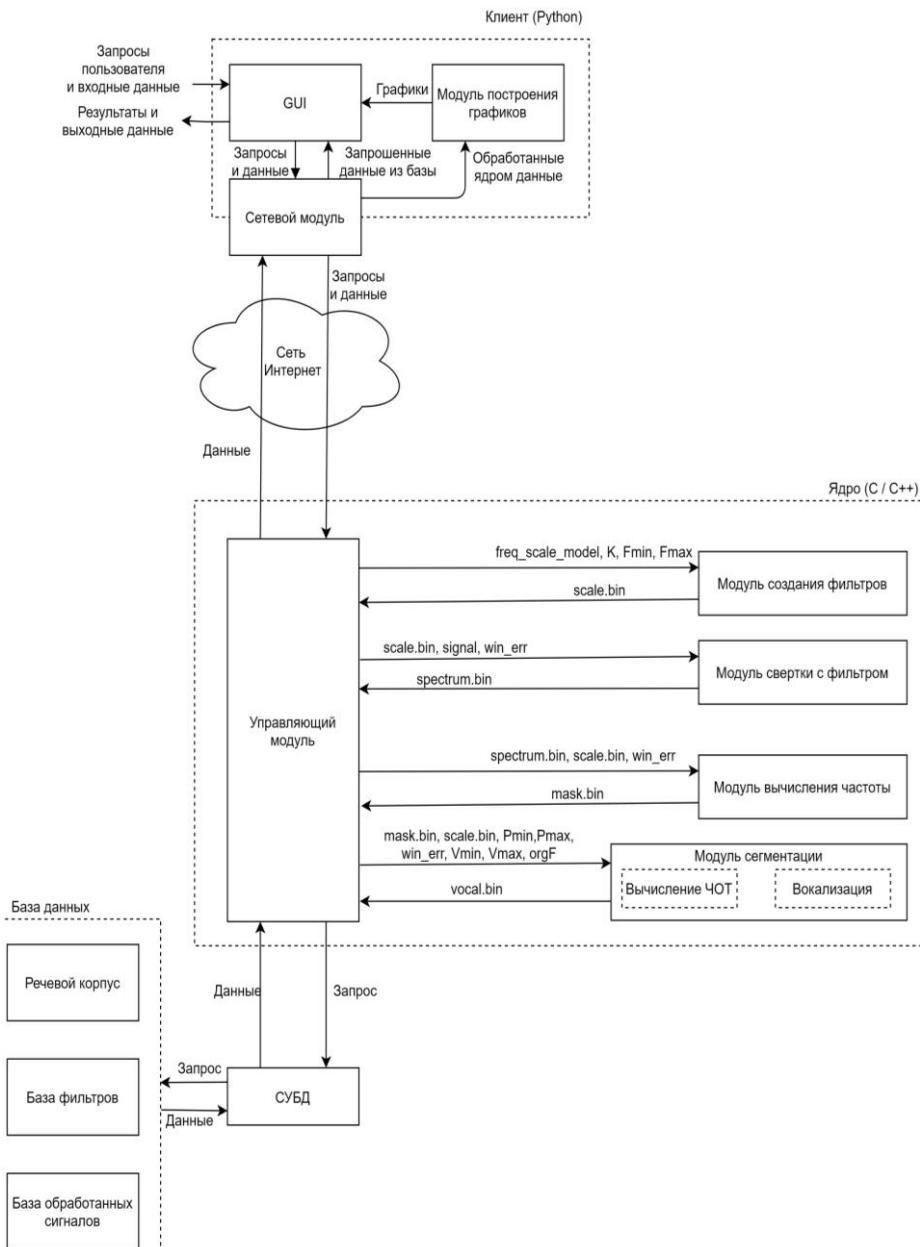


Рис. 1. Структура программы

## ЛИТЕРАТУРА

1. Асмоловский В.В., Мартынов Я.А. Преимущества использования многоуровневой клиент-серверной архитектуры при разработке корпоративных приложений // Молодёжь и современные информационные технологии. – 2014. – С. 156–157.
2. Щекочихин О.В., Черкасова Н.В. Анализ шаблонов проектирования информационных систем клиент-серверной архитектуры // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. – 2019. – № 5(51). – С. 26–29.
3. Лапин Д.В. Архитектура программного комплекса визуализации результатов распределенных вычислений в реальном времени // Альманах современной науки и образования. – 2008. – № 1(8). – С. 114–115.

### **ПОДСЕКЦИЯ 3.3**

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

*Председатель секции – Дмитриев В.М., проф. каф. КСУП, д.т.н.;*  
*зам. председателя – Ганджа Т.В., проф. каф. КСУП, д.т.н.*

УДК 004.822

### **ПРОТОТИП ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ МОНОГОРОДОВ**

*Н.В. Мезюха, студент каф. АСУ*

*Научный руководитель А.А. Захарова, проф. каф. АСУ, д.т.н.*  
*г. Томск, ТУСУР, nikmezyuha@gmail.com*

Рассказано о необходимости опережающей подготовки кадров в моногородах и представлен прототип онтологической модели для системы, решающей данную проблему.

**Ключевые слова:** онтологическая модель, опережающая подготовка кадров, моногород.

Моногорода сейчас испытывают проблемы в виде того, что значительная часть экономики зависит от одного предприятия, оттока молодого населения из региона, безработицы. Подобные проблемы необходимо решать, чтобы города не опустели. Для решения подобных проблемы Министерство экономического развития Российской Федерации создает территории опережающего развития – часть территории субъекта РФ, на которой устанавливается особый правовой режим ведения предпринимательской и других видов деятельности. В частности, предусмотрены льготные налоговые условия, упрощенные административные процедуры и др. [1].

Так как моногорода на территории опережающего развития хотят привлечь новых предпринимателей, то им необходимо иметь подготовленные кадры на новые рабочие места, а также готовиться к тому, что могут появиться такие вакансии, на которые может не найтись необходимых специалистов в нужном количестве, поэтому он не сможет реализовать свой проект и одновременно с этим помочь в решении ситуации с безработицей в моногороде.

Для решения подобной проблемы необходимо создать систему опережающей подготовки кадров для моногородов. С помощью неё можно будет прогнозировать, какие компетенции понадобятся в будущем, чтобы прошедшие обучение люди смогли найти работу и не были вынуждены уезжать из города.

Чтобы создать систему опережающей подготовки кадров моногородов, будет необходимо создать онтологическую модель, описывающую взаимодействие муниципального управления, предпринимателей, образовательных учреждений и рынка труда, чтобы создавать программы обучения с необходимыми для работодателей компетенциями.

Был разработан прототип онтологической модели для системы опережающей подготовки кадров моногородов, представленный в виде иерархии классов на рис. 1 и 2.



Рис. 1. Предпринимательская и управленческая части онтологической модели

В предпринимательскую и управленческую части вошли все необходимые, на первый взгляд, элементы для данной модели, относящиеся к бизнесу, рынку труда, муниципальному управлению, населению.

В образовательную часть вошли все необходимые, на первый взгляд, элементы для данной модели в области образования.

Построенный прототип модели является основой, на которой будет построена целая модель, когда будет лучше изучено влияние всех факторов на экономику и формирование новых кадров моногородов.

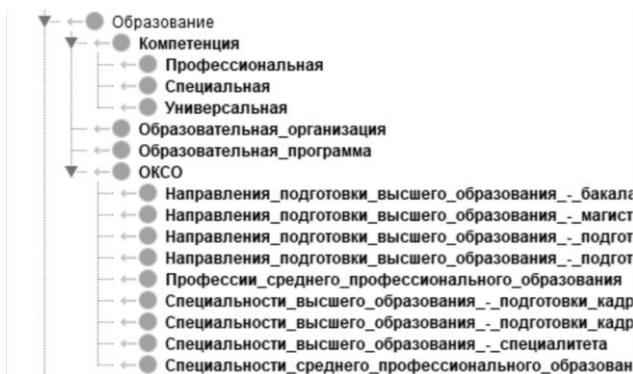


Рис. 2. Образовательная часть онтологической модели

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-013-00486А.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Территории опережающего развития: 12 особых зон в ДФО – биографии и справки. – ТАСС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tass.ru/info/2215388>, свободный (дата обращения: 10.02.2021).

УДК 62-529

#### РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ОТОПЛЕНИЕМ

*Р.Е. Богачёв, А.С. Бондаренко, Д.А. Неверовский, студенты  
каф. АСУ; А.А. Пивоваров, студент каф. АОИ*

*Научный руководитель С.М. Алфёров, доцент каф. АСУ  
г. Томск, ТУСУР, [alhoesm@sibmail.com](mailto:alhoesm@sibmail.com)*

*Проект ГПО АСУ-1907 «Управление теплом умного дома»*

Представлены результаты промежуточного этапа разработки аппаратно-программной системы автоматизированного управления отоплением. На текущий момент было реализовано считывание показателей датчиков температуры и терморпары, а также программное управление электроникой.

**Ключевые слова:** автоматическая регулировка, температура, отопление, аппаратно-программный комплекс.

Умное отопление – это аппаратно-программный комплекс, предназначенный для использования в квартирах, частных домах, коттеджах, предприятиях и любых помещениях, обеспечивающий комфортное проживание и ресурсосбережение. В простейшем случае он

должен уметь распознавать конкретные ситуации, происходящие в месте его установки, и соответствующим образом на них реагировать, например, калибруя температуру помещения в определенное время суток. Однако существующие реализации автоматизированного управления отоплением обладают определенными недостатками, что не позволяет им стать популярными. К ним относятся большая цена (особенно блока управления), отсутствие учета температуры воздуха на улице, отсутствие удаленного управления через веб-интерфейс.

Цель проекта – создание автоматизированной системы управления отоплением, сочетающей в себе главные достоинства умного отопления, а также исключая наличие типичных недостатков.

На рис. 1 представлен рабочий стенд, на котором нанесены обозначения, показывающие его элементы: 1 – термопара (горячая вода); 2 – термопара (холодная вода); 3 – котел; 4 – насос; 5 – клапан; 6 – датчик температуры (в помещении); 7 – устройство управления (реле и контроллер); 8 – управляющая ЭВМ.

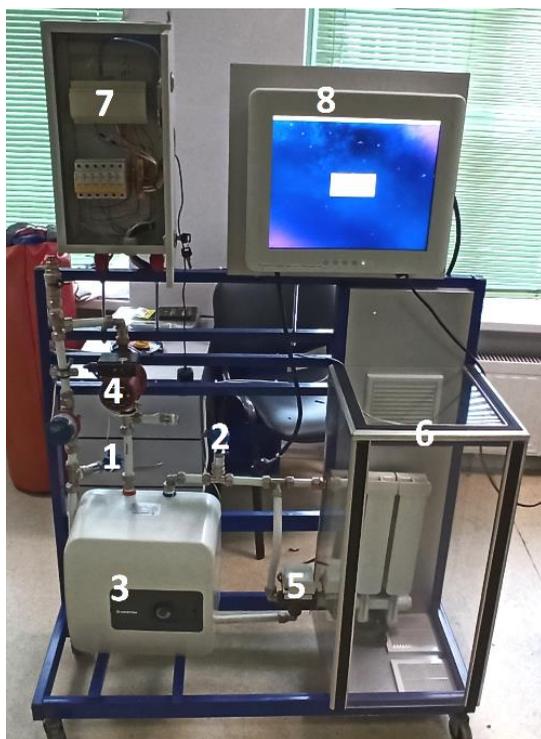


Рис. 1. Рабочий стенд

На текущий момент было написано ПО, благодаря которому мы можем получать данные с датчиков, а также управлять электроникой. Схема его работы представлена на рис. 2. Данные со всех датчиков поступают на пины ввода (стоит отметить, что показатели с термопар сначала усиливаются, а затем оцифровываются на модуле MAX6650 и только после этого отправляются на пин; DS18B20 – цифровой датчик, а значит, показатели с него сразу отправляются на пин). Далее эти данные считываются контроллером ATmega 168 [1] (для его программирования использовались Arduino IDE и библиотека OneWire, которая использовалась для получения данных с датчика температуры DS18B20). Далее считанные на контроллер данные формируются в пакет и отправляются на управляющий ЭВМ, который параллельно выполняет две функции. Первая функция – это считывание данных с последовательного порта и их запись в файл. Вторая функция – это отправка байт-кодов для управления электроникой.

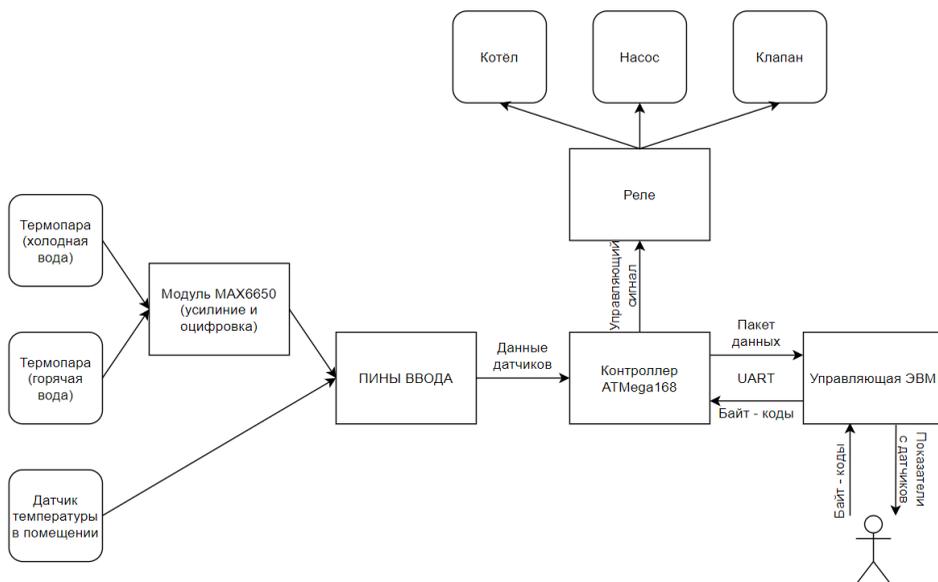


Рис. 2. Схема работы ПО для взаимодействия с оборудованием

В результате мы смогли собрать экспериментальные данные, представленные на рис. 3. На них показано изменение температуры со временем. На левом графике показано, как быстро меняется температура при нагревании, на правом – при остывании (стоит отметить что клапан в этот момент был открыт только наполовину).

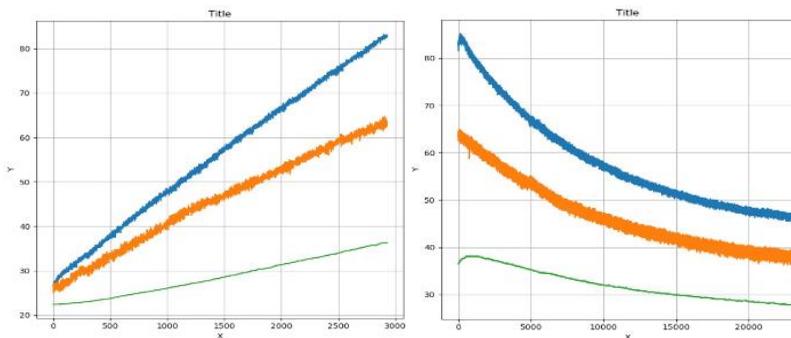


Рис. 3. График изменения температуры со временем (данные с датчиков)

Таким образом, на текущий момент есть возможность полного программного управления системой, она работает стабильно и корректно. Планируется дальнейшая доработка проекта, в том числе установка профильных ПЛК, настройка удаленной базы данных и разработка веб-приложения для удаленного доступа.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Arduino и Raspberry Pi. Мейкерство. Управление движением, светом и звуком / пер. с англ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2017. – 336 с.

УДК 004.942

### ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ (HARDWARE-IN-THE-LOOP)

*А.А. Сидоров, аспирант каф. КСУП*

*Научный руководитель В.М. Дмитриев, д.т.н., проф. каф. КСУП  
г. Томск, ТУСУР, alex-9605@yandex.ru*

Рассматриваются HiL-моделирование и его положительные стороны.

**Ключевые слова:** моделирование, контроллер, система, стенд.

Hardware-in-the-loop (HiL)-моделирование – программно-аппаратное моделирование (ПАМ) является методом, который будет использоваться в разработке и тестировании встроенных систем реального времени. HiL-моделирование обеспечивает эффективную платформу при помощи добавления сложной системы управления для тестирования платформы. Сложная система управления участвует на этапе тестирования и разработки, так как добавлено математическое представление всех связанных динамических систем. Программным моделированием называется данное математическое представление объек-

та, с которым взаимодействует встроенная система и дает разрешение ее протестировать.

Эмулируемые датчики и приводы присутствуют в программно-аппаратном моделировании. Они являются связующим звеном между средой моделирования (СМ) и встроенной тестируемой системой. СМ контролирует значения каждого датчика, и их считывает тестируемая система. Также система выполняет свои алгоритмы, подавая сигналы на привод. Данные изменения приведут к тому, что изменятся значения переменных в нашей СМ.

Программно-аппаратное моделирование, или на инженерном жаргоне «хил», – это способ уменьшить количество времени и денег, которые потратятся на испытания встраиваемых систем. Это возможно сделать благодаря специализированным стендам. На стендах в реальном времени работает математическая модель объекта управления в то время, когда испытываемый блок управления (Device Under Test или DUT) подсоединяется к данному стенду и манипулирует моделью объекта. Объектом служит блок управления или сам контроллер. На рис. 1 представлена классическая схема стенда HIL-моделирования.

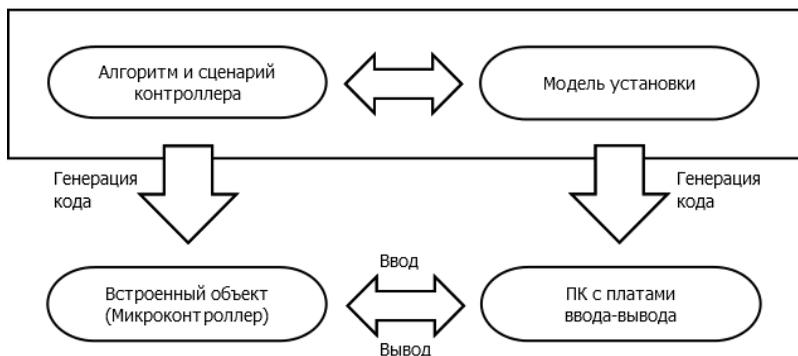


Рис. 1. Классическая схема HIL-моделирования

**Целью** работы является создание алгоритма интерпретации данного концепта в многоуровневую структуру СМ МАРС.

**Интерпретация HIL-концепта в СМ МАРС:**

- алгоритм или сценарий контроллера (Algorithm or Controller Model) – может быть построен на языке X-Робот;
- модель установки (Plant Model) – модель объекта управления, строится на базе ОС реального времени в СМ МАРС;
- встроенный объект (Embedded target) – может быть построен на МК X-Мега;

– ПК с платами ввода-вывода (PC with I/O Boards) – выбор нужного интерфейса (SPI, ПС и др.);

– генерация кода – потоки сигналов в связях.

С технической точки зрения:

– Стенд HIL-моделирования представляет собой безопасный ПК с рабочей операционной системой реального времени, для которой главной целью является вычисление вашей математической модели в реальном времени. Благодаря этому просчет модели ограничится точно отведённым ей временем, и посторонние процессы не помешают счёту.

– Благодаря реальным промышленным интерфейсам (SPI, ПС и др.) стенд общается с испытываемым контроллером, так как считает, что контактирует с настоящим объектом управления. В реальном времени также происходит сбор и передача данных в модель.

– Можно делать вычисление модели не только на центральном процессоре, но и на высокопроизводительных ПЛИС. Запуск модели можно производить, благодаря им, со временем дискретизации до десятков микросекунд.

– Изготовление стенда происходит «под ключ», а именно контроллер X-Robot будет подключен по принципу PLUG&PLAY.

– Стенд запрограммирован для бесшовной работы с системой CM MAPC, а также Simulink. Необходима минимальная настройка для запуска модели на таком стенде.

### **Полезные свойства**

– На данном стенде гораздо проще и легче выявить в лабораторных условиях, какие есть ошибки в сценарии контроллера. А именно, не обязательно проводить много времени в заводских испытаниях, чтобы понять, какие имеются неисправности с Вашей системой.

– Реальный объект остается цел, когда вносятся любые типы ошибок. При этом внимательно наблюдаем за контроллером, как он справляется с неисправностями. Для примера, подадим неверные данные, сделаем короткое замыкание или разрыв.

– Стенд многофункционален. Можно вести параллельно несколько проектов, только необходимо заменять контроллер на нужный для проведения испытаний.

– Стенд способен смоделировать некорректное поведение системы и понять, какие действия привели к сбою. На стенде можно воспроизвести разные внешние условия, а также подать захваченные сигналы во время сбоя реальной системы.

– Данный стенд можно достроить по системе «предиктор-корректор», когда есть возможность подключить к его структуре ре-

альный объект с отлаженной системой управления, а его модель пере-  
строить на прогнозный режим.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриев В.М., Шутенков А.В., Ганджа Т.В. Спецификация контроллера XRobot V160601. – Томск: В-Спектр, 2007. – 64 с.
2. Hardware-in-the-Loop [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/itelma/blog/489422/>, свободный (дата обращения: 01.03.2021).
3. 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.

УДК 681.51

### ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД НА ОСНОВЕ КОНТРОЛЛЕРА S7-1200 ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПИД-РЕГУЛЯТОРА

*Ю.А. Поярко, А.А. Супин, А.Е. Сахабутдинов,  
Л.В. Цицилев, магистранты каф. КСУП*

*Научный руководитель В.П. Коцубинский, доцент каф. КСУП, к.т.н.  
г. Томск, ТУСУР, kyp@kcup.tusur.ru*

Описывается лабораторный стенд для изучения ПИД-регулятора на основе контроллера SIEMENS S7-1200.

**Ключевые слова:** лабораторный стенд, переходной процесс, SIEMENS, S7-1200, ПИД-регулятор, TIA Portal.

В настоящее время существует проблема обучения в сфере автоматике, связанная с отсутствием необходимой образовательной материальной базы. Теоретический материал требует закрепления на конкретных и понятных примерах. Частотный метод с успехом используется в теории автоматического управления (ТАУ) для поддержания требуемого значения при помощи манипуляции другими двумя переменными [1]. Реализация данного метода проста, но, к сожалению, его суть ускользает от понимания для большинства студентов. В частности, обучение навыкам натурной настройки ПИД-регуляторов [2]. Простота структуры и промышленного использования, ясность принципа функционирования, пригодность для решения большинства практических задач и невысокая стоимость сделали пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) регулятор одним из наиболее распространенных типов регуляторов.

Регуляторы применяются в системах автоматического управления (САУ) для формирования управляющего сигнала с целью получения необходимых точности и качества переходного процесса [3]. Дан-

ные параметры определяют то, насколько быстро происходит выход системы в установившийся режим работы и как велико при этом перерегулирование во время переходного процесса (ПП), что в итоге определяет качество получаемого продукта и затраты на его производство.

ПИД-регулятор необходим для компенсации действия изменения, равного разнице фактического и заданного значений, как можно быстрее и точнее, настолько это возможно (рис. 1). Выполняется корректировка значения выходной переменной, вследствие чего отклонения от заданного значения становятся все меньше, пока фактическое значение не сравняется с заданным настолько точно, насколько это возможно [4].



Рис. 1. ПИД-регулятор

Использование функциональной среды программирования TIA Portal позволяет, с одной стороны, отойти от «страшно непонятных» передаточных характеристик, с другой стороны, визуально понятно задать значения и сразу увидеть результат.

В S7-1200 реализован контроллер системы ПИД-регулирования (рис. 2). Для этого TIA Portal содержит предварительно сконфигурированный блок «PID\_Compact», который может быть вставлен в пользовательскую программу, а затем назначен [5]. Кроме того, доступен технологический объект «PID», с помощью которого контроллер может быть сконфигурирован в пользовательской программе и затем активирован.

Создание ПИД-регулятора происходит в меню «Technology objects». Окно конфигурирования основных параметров ПИД-регулятора представлено на рис. 3 и содержит следующие опции:

- тип регулятора (controller type);

- заданное значение (setpoint);
- вход (input);
- выход (output).

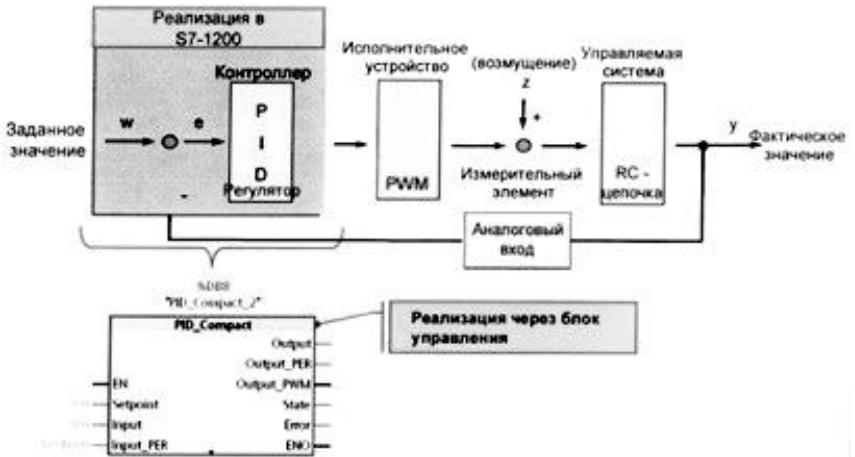


Рис. 2. Реализация ПИД-регулятора в S7-1200

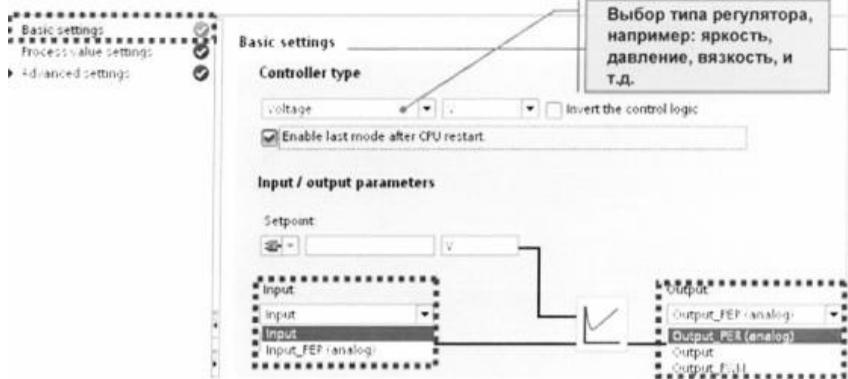


Рис. 3. Окно конфигурирования основных параметров

Контроль процессных значений основан на двух предварительно установленных пределах. Если во время рабочего цикла контроллера процессное значение превысит верхний предел или опустится ниже нижнего предела, то в логических выходных параметрах выводится сообщение [6].

На рис. 4 представлен переходной процесс после настройки ПИД-регулятора. Красным изображен управляющий сигнал, фактическое значение зеленым, заданное значение синим.

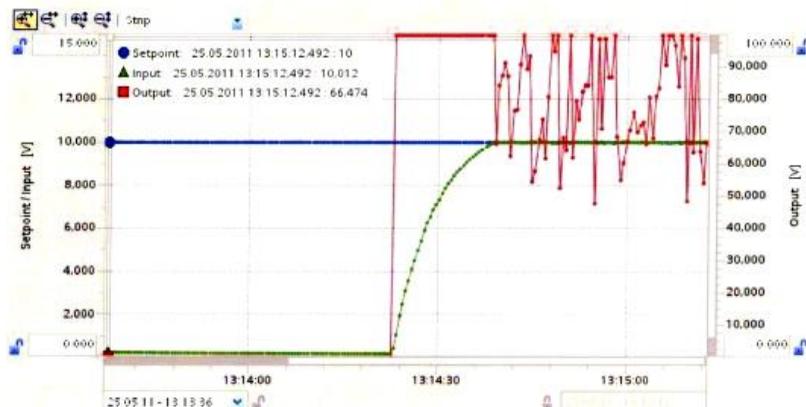


Рис. 4. Переходной процесс

Использование контроллеров семейства SIEMENS S7-1200 и богатый набор инструментов разработки TIA Portal позволили продемонстрировать особенности настройки ПИД-регулятора в терминологии курса ТАУ. Лабораторный стенд может выступать в роли необходимой материальной образовательной базы для студентов профильных специальностей для закрепления профессиональных компетенций не только в сфере автоматике, но и умения использовать частотный метод в управлении сложными объектами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Коновалов Б.И., Лебедев Ю.М. Теория автоматического управления: учеб. пособие. – Томск: ТУСУР, 2010. – 162 с.
2. Ботов А. Просто о ПИД-алгоритмах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://roboforum.ru/wiki/Перевод\\_статьи\\_%22Просто\\_о\\_ПИД-алгоритмах%22](http://roboforum.ru/wiki/Перевод_статьи_%22Просто_о_ПИД-алгоритмах%22) (дата обращения: 01.03.2021).
3. Малышенко А.М. Математические основы теории систем. – Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2004. – 334 с.
4. Денисенко В. ПИД-регуляторы: принципы построения и модификации. – Ч. 1: СТА – современные технологии автоматизации. – 2006. – № 4. – С. 66–74.
5. Регулирование на основе SIMATIC [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.studmed.ru/view/myuller-yurgen-regulirova-na-osnove-simatic\\_3c9402098bf.html?page=22](https://www.studmed.ru/view/myuller-yurgen-regulirova-na-osnove-simatic_3c9402098bf.html?page=22) (дата обращения: 03.03.2021).
6. AVR221: Discrete PID controller [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://atmel.com/Images/Atmel-2558-Discrete-PID-Controller-on-tinyAVR-and-megaAVR\\_ApplicationNote\\_AVR221.pdf](http://atmel.com/Images/Atmel-2558-Discrete-PID-Controller-on-tinyAVR-and-megaAVR_ApplicationNote_AVR221.pdf) (дата обращения: 02.03.2021).

## ПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ СТАНЦИЕЙ РЕСУРСНЫХ ИСПЫТАНИЙ СВЧ-ПЕРЕХОДОВ

*А.А. Кун, К.С. Жохов, студенты каф. КСУП*

*Научный руководитель В.П. Коцубинский, доцент каф. КСУП, к.т.н.*

*г. Томск, ТУСУР, akun971@gmail.com*

Представлено описание программы, предназначенной для управления и контроля процессом испытания радиочастотного перехода с резьбовым типом соединения.

**Ключевые слова:** переходы, коаксиальные соединители, СВЧ, автоматизация, разработка ПО.

Производитель коаксиальных переходов гарантирует, что переход после определённого количества сочленений-расчленений не потеряет такие свойства, как повторяемость и воспроизводимость результатов измерений [1]. Так как количество сочленений-расчленений может быть очень большим, более 2 000 повторений, людской ручной труд для выполнения таких долгих и механических операций нецелесообразен, и требуется автоматизация данного процесса.

Для тестирования переходов и выявления гарантируемого ресурса разработана станция ресурсных испытаний. Станция позволяет под контролем оператора выполнять заданное количество сочленений-расчленений с подходящим для конкретной модели перехода крутящим моментом при затягивании. Таким образом, автоматизируется долгий ручной труд.

Визуальная модель станции с её составляющими показана на рис. 1.

Составляющие станции, показанные на рис. 1: 1 – шаговый двигатель, отвечающий за выполнение двух задач: подъем и опускание платформы 3 для удобства перезарядки испытуемых разъемов; 2 – корпус линейного движения, является частью несущей конструкции самой станции, а также обеспечивает подъем и опускание платформы 3 на заданные расстояния; 4 – платформа; 5 – сменный элемент затяжки гайки разъема; 6 – шаговый двигатель, отвечающий за выполнение вращения сменной цапги, держащей испытуемый разъем; 7 – сменная цапга; 8 – вращающееся зубчатое колесо со сменным элементом затяжки гайки разъема; 9 – подшипник.

Управляющим элементом станции является программируемый сервоконтроллер mUSD-300-15 производства Potomac Electric [2]. Сервоконтроллер, используя дискретные выходы, управляет двумя драйверами шаговых двигателей [3, 4], показанными на рис. 1 цифрами 1 и 5. Управление драйверами осуществляется набором сигналов

STEP/DIR/ENABLE. Для связи станции с компьютером используется Modbus TCP-протокол.

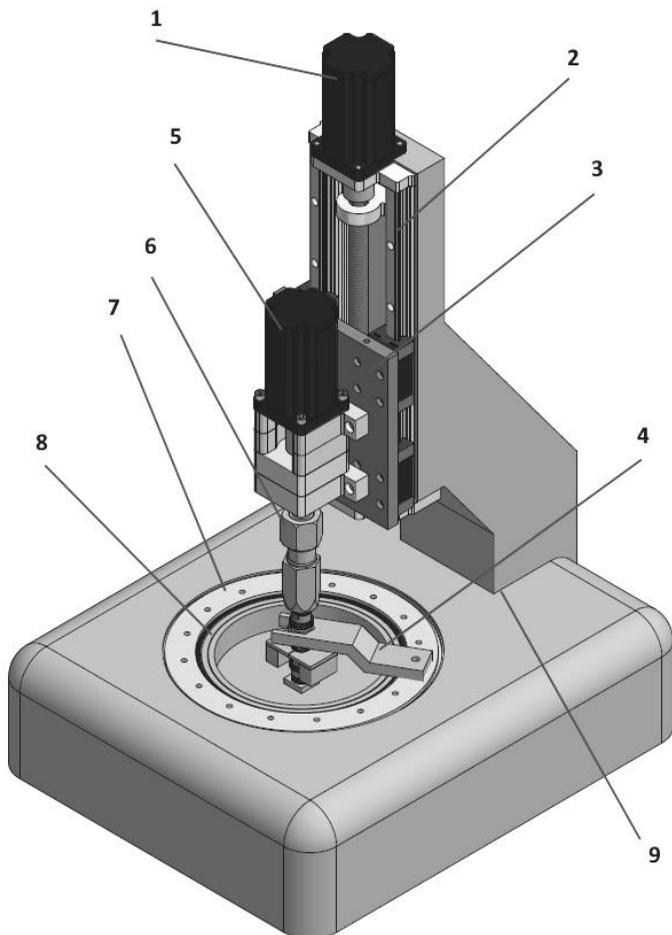


Рис. 1. Модель станции

Для взаимодействия с оператором станции была написана программа SRIManager. Интерфейс программы представлен на рис. 2.

Программа позволяет выполнить следующие действия:

- выбрать тип разъёма, по параметрам которого будет настроена станция на соответствующую скорость вращения колеса и крутящий момент;
- выбрать режим работы: автоматический, ручной и калибровка;

- задать количество циклов сочленений-расчленений и шаг остановок;
- отобразить текущее состояние испытания в окне монитора.

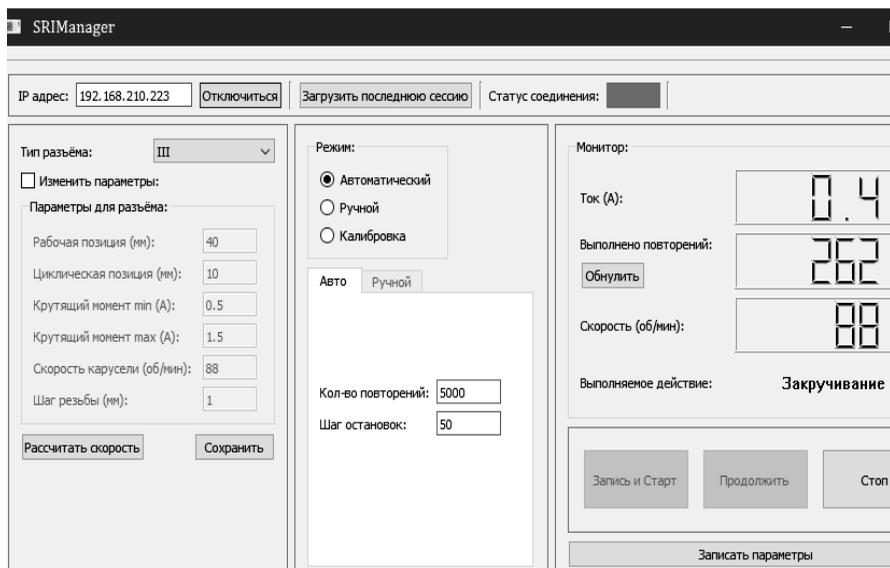


Рис. 2. Интерфейс программы SRIManager

Программа была написана на языке C++ с использованием фреймворка Qt.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Каталог переходы и соединители коаксиальные производства НПК ТАИР [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.planarchel.ru/Products/shf/junc/catalog\\_junctions\\_and\\_connectors-2019-02-28.pdf](http://www.planarchel.ru/Products/shf/junc/catalog_junctions_and_connectors-2019-02-28.pdf) (дата обращения: 7.03.2021).
2. Сервоконтроллер mUSD [Электронный ресурс]. – URL: <http://m-usd.ru/product/chto-takoe-musd/> (дата обращения: 7.03.2021).
3. Datasheet of the Easy Servo Drive ES-508 [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.leadshine.com/UploadFile/Down/ES-D508d\\_V1.2.pdf](http://www.leadshine.com/UploadFile/Down/ES-D508d_V1.2.pdf) (дата обращения: 7.03.2021).
4. EM705 2-phase Digital Stepper Drive [Электронный ресурс]. – URL: [http://leadshine.com/UploadFile/Down/EM705d\\_P.pdf](http://leadshine.com/UploadFile/Down/EM705d_P.pdf) (дата обращения: 7.03.2021).

## **ПОДСЕКЦИЯ 3.4**

### **ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ**

*Председатель секции – Ходашинский И.А., проф.  
каф. КИБЭВС, д.т.н.;*  
*зам. председателя – Сарин К.С., доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.*

УДК 004.932.72'1

#### **ОБЗОР МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ С ИЗОБРАЖЕНИЯМИ С ПОМОЩЬЮ ФРЕЙМВОРКА TENSORFLOW**

*А.Д. Ажирбаев, студент каф. АОИ*  
*Научный руководитель Ю.П. Ехлаков, проф. каф. АОИ, к.т.н.*  
*г. Томск, ТУСУР, gloasrow@gmail.com*

Рассмотрены различные модели машинного обучения для работы с изображениями, выделены основные понятия машинного обучения, сделан вывод о практическом применении моделей машинного обучения.

**Ключевые слова:** компьютерное зрение, классификация изображений, обнаружение объектов, сегментация, обнаружение положения руки.

Целью данной работы является изучение моделей машинного обучения для распознавания образов на изображении, основных понятий, рассмотрение применения этих моделей.

В современном мире с развитием технологий у людей всё больше появляется потребность в автоматизации человеческой деятельности. Изначально это было нечто простое, например, посчитать какое-нибудь хорошо описанное уравнение, сделать расчёт пары чисел и пр. Позже появилась возможность обрабатывать огромное количество данных, затем появились машинное обучение и анализ данных.

Компьютерное зрение – относительно новая предметная область, используемая, например, для классификации образов в медицине распознавание опухолей, повреждений тканей, мышц, скелета, в безопасности различных структур – распознавание лиц.

**Классификация изображений с помощью MobileNet.** Классификация изображений – разделение набора изображений, входящих в систему, на определённые заранее заданные классы. Во фреймворке

TensorFlow данная система реализована с помощью множества нейронных сетей MobileNet. Эти маленькие, эффективные и низкозатратные модели настроены специально для того, чтобы удовлетворять различным ограничениям в производительности в различных ситуациях [1]. Несмотря на то, что в данном случае рассматривается проблема классификации изображений, данный класс нейронных сетей может быть использован для обнаружения объектов на изображении и сегментации изображений.

В целом можно сказать, что MobileNet может быть использован для простых задач, таких как определить, что находится на изображении или к какому заранее заданному классу данное изображение относится. Благодаря тому, что данный набор нейронных сетей можно использовать при различных ограничениях производительности, его можно применить для определённых задач на мобильных устройствах с помощью TensorFlow Lite [1].

**Обнаружение объектов с помощью COCO-SSD.** Обнаружение объектов – задача о выделении нескольких объектов на изображении и присвоении им меток, соответствующих их классу. Модель COCO-SSD обнаруживает объекты на изображении, которые определены в наборе данных COCO, представляющем собой крупномасштабный набор данных обнаружения объектов и сегментации [2]. Всего в данной модели определено 80 различных классов, т.е. объектов, которые могут быть обнаружены и классифицированы на изображении. Пример работы данной модели представлен далее (рис. 1).



Рис. 1. Демонстрация работы COCO-SSD

В данном примере видно, что модель распознаёт такие классы, как человек и кайт (воздушный змей, управляемый спортсменом).

В результате можно сказать, что данная модель может применяться в различных сферах человеческой деятельности. Например, в аэропорте для отслеживания людей и их багажа.

**Сегментация человеческого тела.** Сегментация – разделение определённого объекта на заданные части. Так как в данном случае рассматривается человеческое тело, то оно будет делиться на определённые сегменты. В TensorFlow данная система реализована с помощью BodyPix. Это самостоятельная модель, которая в реальном времени может определять сегменты человеческого тела. Эта модель разделяет пиксели на изображении, которые принадлежат человеческому телу и которые не принадлежат ему [3]. Всего данная модель разделяет объект на 24 части. Далее представлен результат работы данной модели (рис. 2).



Рис. 2. Демонстрация работы модели BodyPix

В итоге данная модель может быть использована везде, где необходимо разделить изображение человеческого тела на сегменты. Например, применение этой модели можно найти в медицине, особенно если скомбинировать её с другой нейронной сетью, которая будет определять, например, на рентгеновских снимках, есть какое-либо заболевание или нет.

**Обнаружение положения руки с помощью системы MediaPipe Handpose.** Обнаружение положения руки – задача об определении положения руки в пространстве на изображении. Это две модели: детектор ладони и модель отслеживания пальцев. Данная модель распознаёт двадцать одну ключевую точку обнаруженной руки на изображении, причём предоставляет это в трёхмерном пространстве [4]. То есть по выходу из системы получают координаты в трёх измерениях о руке (рис. 3).

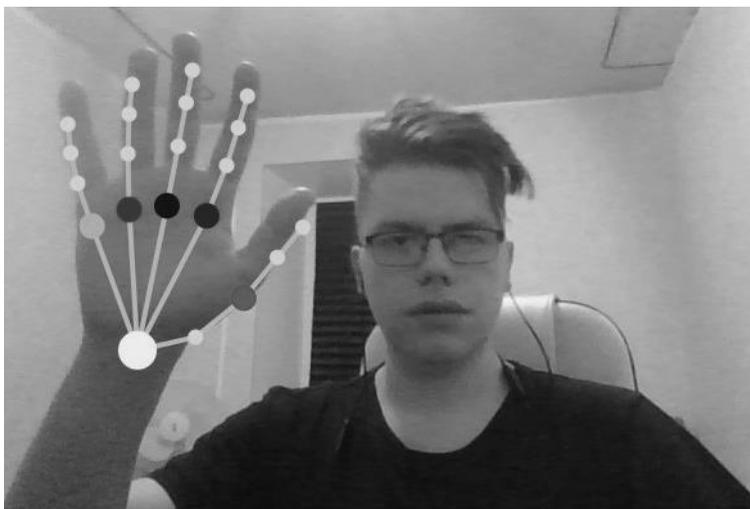


Рис. 3. Демонстрация работы Handpose

Таким образом, данная система может быть использована для различных целей, где может потребоваться информация о положении руки человека. Например, управление различными системами с помощью жестов, компьютерные игры с управлением с помощью жестов.

**Вывод.** В заключение были рассмотрены различные модели и системы компьютерного зрения. Сделаны выводы о том, где они могут применяться.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Tensorflow, tfjs-models. MobileNet [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/tensorflow/tfjs-models/tree/master/mobilenet> (дата обращения: 16.11.2020).
2. Tensorflow, tfjs-models. COCO-SSD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/tensorflow/tfjs-models/tree/master/coco-ssd> (дата обращения: 17.11.2020).
3. BodyPix – Person Segmentation in Browser [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.npmjs.com/package/@tensorflow-models/body-pix/v/1.1.2> (дата обращения: 18.11.2020).
4. Tensorflow, tfjs-models. Handpose [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/tensorflow/tfjs-models/tree/master/handpose> (дата обращения: 19.11.2020).

## НАХОЖДЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ЗАДАНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ С ПОМОЩЬЮ МЕТАЭВРИСТИКИ MOTH SEARCH ALGORITHM

*В.С. Ерохин, студент каф. БИС*

*Научный руководитель И.А. Ходашинский, д.т.н., проф. каф. КИБЭВС  
г. Томск, ТУСУР, vova.eroxin@gmail.com*

Рассмотрены метаэвристики, а также метаэвристика Moth search algorithm. Данный алгоритм был протестирован на 9 различных функциях, после чего был сделан вывод о работоспособности алгоритма.

**Ключевые слова:** метаэвристика, Moth search algorithm, функция, сходимость.

Проблема оптимизации на протяжении долгого времени в мире остаётся одной из основных в различных сферах, поэтому человечество придумывает методы оптимизации, которые предназначены для повышения эффективности работы. Метаэвристики в оптимизации позволяют в отличие от других методов оптимизации находить решение, близкое к оптимальному, за приемлемое время.

Метаэвристикой называется высокоуровневая проблемно-независимая алгоритмическая структура, которая представляет собой набор принципов или стратегий для разработки алгоритмов оптимизации [1].

Метаэвристики имеют две характеристики, называемые интенсификацией – использование собранной информации метаэвристикой в данный момент времени и диверсификацией – исследование областей, которые не полностью учитываются. Для работы метаэвристики является важным найти баланс между указанными характеристиками, чтобы быстро определить область поиска с высококачественными решениями и одновременно не тратить слишком много времени на те области, которые уже были изучены или являются плохими для поиска [2, 3].

Целью работы является исследование работоспособности метаэвристики Moth search algorithm при нахождении оптимальных значений математических функций.

**Moth search algorithm.** Данный алгоритм основан на поведении мотылька или моли. Основными характеристиками их поведения в данном алгоритме являются полёты Леви и фототаксис.

Работа данного алгоритма начинается с инициализации популяции случайным образом и параметров MaxGen (счетчик итераций), Smax (длина шага) и  $\varphi$  (коэффициент ускорения). Далее происходит

оценка пригодности особей. Исходя из их положений и выбранной фитнес-функции, производится расчет фитнес-значений для каждого элемента, чтобы распределить их от лучшего к худшему. Следующий этап длится до тех пор, пока не будет достигнуто максимальное значение итераций, заданное в MaxGen. На нем сначала происходит сортировка элементов популяции по результатам расчета фитнес-значений. Далее популяция делится пополам для следующего шага, на котором у первой половины популяции, т.е. лучшей, следующий шаг рассчитывается при помощи полетов Леви

$$x_i^{t+1} = x_i^t + \alpha \cdot L(s).$$

Следующий шаг у второй части популяции рассчитывается при помощи формулы прямых полетов, которая имеет две ситуации для расчета. Первая ситуация, когда особь не долетает до лучшего элемента популяции, а вторая, когда особь перелетает лучший элемент популяции. Попадание в ту или иную ситуацию осуществляется случайно с вероятностью 50%. Формулы данных ситуаций:

$$x_i^{t+1} = \lambda \cdot (x_i^t + \varphi \cdot (x_{best}^t - x_i^t)),$$

$$x_i^{t+1} = \lambda \cdot (x_i^t + \frac{1}{\varphi} \cdot (x_{best}^t - x_i^t)).$$

Далее снова происходит оценка пригодности особей, а затем, если параметр MaxGen не достиг своего максимума, начинается расчет следующего шага каждого элемента популяции, иначе работа алгоритма останавливается, и на экран выводится наилучший элемент популяции [4].

**Эксперимент и его результаты.** Данная метаэвристика была реализована на языке программирования python, а затем протестирована на 9 функциях (таблица) [5], для которых было проведено 10 тестирований по 5 и 15 мин и для 5- и 10-мерностей для каждого времени.

**Закключение.** В результате проведенного эксперимента и полученных данных в таблице можно сказать, что данный алгоритм хорошо показывает себя на гладких функциях, приближаясь к минимуму, но при этом долго не может найти сам минимум функции в некоторых функциях. При работе с функцией Ackley алгоритм всегда попадает в один и тот же локальный оптимум и не может из него выбраться. Аналогичная ситуация в работе с функцией Растргина, но там алгоритм застревает всегда в различных локальных оптимумах. Это говорит о том, что необходимо искать пути улучшения работы алгоритма для разрешения подобных ситуаций.

### Результаты эксперимента

Название		5 мин		15 мин	
		5	10	5	10
Zakharov	Среднее	1,6E-38	6,1E-36	3,8E-41	1,5E-38
	Мин.	4,3E-42	3,6E-39	3,8E-43	2,2E-41
Sumpow	Среднее	0	0	0	0
	Мин.	0	0	0	0
Ackley	Среднее	4,4E-16	4,4E-16	4,4E-16	4,4E-16
	Мин.	4,4E-16	4,4E-16	4,4E-16	4,4E-16
Griewank	Среднее	0	0	0	0
	Мин.	0	0	0	0
Michalewicz	Среднее	-3,02415	-4,75167	-3,25931	-4,34292
	Мин.	-3,71779	-6,25568	-4,0044	-5,18776
Styblinski-tang	Среднее	-170,562	-311,756	-165,664	-300,267
	Мин.	-194,806	-332,334	-181,151	-338,749
Sphere	Среднее	2,7E-29	3,9E-28	3,7E-31	6,8E-30
	Мин.	1,5E-29	2,5E-28	1,9E-31	5,7E-30
Rastrigin	Среднее	7,813428	34,5326	8,37768	30,9807
	Мин.	3,255027	10,2070	2,28887	15,0437
Discus	Среднее	1,4E-33	5,9E-32	1,1E-35	1,3E-34
	Мин.	3,51E-34	3,1E-32	2,8E-36	4,9E-35

### ЛИТЕРАТУРА

1. Metaheuristics. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://scholarpedia.org/article/Metaheuristics> (дата обращения: 08.12.2020).
2. Blum C., Roli A. Metaheuristics in Combinatorial Optimization: Overview and Conceptual Comparison // ACM Computing Surveys. – 2003. – Vol. 35, № 3. – P. 268–308.
3. Blum C. ACO Applied to Group Shop Scheduling: A Case Study on Intensification and Diversification. // Lecture Notes in Computer Science. – 2002. – Vol. 2463. – P. 14–27.
4. Gai-Ge Wang. Moth search algorithm: a bio-inspired metaheuristic algorithm for global optimization problems // Memetic Computing. – 2018. – Vol. 10. – P. 151–164.
5. Virtual Library of Simulation Experiments [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sfu.ca/~ssurjano/optimization.html> (дата обращения: 06.11.2020).

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НЕЙРОСЕТЕВЫМИ МЕТОДАМИ

*Я.В. Гребнев, аспирант;*

*А.К. Москалев, проф. каф. ЭФииТ, к.ф.-м.н.*

*г. Красноярск, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,  
Институт инженерной физики и радиоэлектроники  
yaroslav.grebnev@gmail.com, ak\_moskalev@mail.ru*

Представлены результаты исследования применимости нейронных сетей для прогнозирования динамики развития лесных пожаров на территории Красноярского края. Разработан механизм краткосрочного прогнозирования динамики лесных пожаров посредством нейросетевого моделирования. Произведена апробация метода на территории Манского района Красноярского края и оценена эффективность на основе релевантных данных лесопожарного периода 2020 г.

**Ключевые слова:** лесные пожары, прогнозирование, нейронные сети, математическое моделирование, мониторинг чрезвычайных ситуаций.

С каждым годом на территории Российской Федерации возникает большое количество лесных пожаров, влияющих на жизнедеятельность регионов и отдельных отдаленных населенных пунктов. Ежегодно на территории Российской Федерации регистрируется более 30 тыс. лесных пожаров, которые охватывают площадь более 2 млн га и несут непосредственную угрозу населенным пунктам [1]. Лесопожароопасный сезон 2020 г. был одним из самых сложных за последние 10 лет. Он на 30 дней был дольше среднесезонных значений. Общее количество лесных пожаров на территории Красноярского края составило 2 074. Площадь, пройденная огнем, в три раза превысила среднестатистические значения и составила 2427 млн га. В соответствии с постановлением Правительства Красноярского края от 30.04.2015 № 204-П «Об утверждении перечня населенных пунктов на территории Красноярского края, подверженных угрозе лесных пожаров» в редакции от 12.05.2020 № 332-П, на территории Красноярского края находится 474 населенных пункта подверженных угрозе распространения лесных пожаров. В этой связи актуальной научной-практической задачей является своевременное прогнозирование распространения лесных пожаров в районах с труднодоступной и отдаленной дислокацией и проведение превентивных мероприятий по недопущению возникновения и распространения лесных пожаров [2]. Одним из эффективных современных методов прогнозирования раз-

личных характеристик и параметров является применение нейронных сетей [3].

**Цель работы:** разработка модели краткосрочного прогнозирования динамики лесных пожаров нейросетевыми методами.

**Материалы и методы:** в рамках настоящей работы была разработана нейронная сеть для прогнозирования динамики развития лесных пожаров на примере н.п. Нарва Манского района Красноярского края. В работе был использован имитатор нейронной сети NeuroPro 0.25. Для моделирования использовалась многослойная архитектура сети. В качестве переменных для обучения нейронной сети нами использовались следующие параметры: время начала пожара; площадь на момент регистрации пожара; скорость ветра, м/с; направление ветра; количество дней наблюдения пожара; температура воздуха; количество осадков; класс пожарной опасности по местным шкалам (методика Нестерова); дата ликвидации пожара; рельеф местности. Размерность векторов признаков, отмеченных выше, была установлена эмпирическим путем и в итоге составляла 10. Метеорологические данные составлялись на дату обнаружения пожара по данным ближайшей метеостанции.

Модель линейного прироста площади лесного пожара описана формулой (1) при значении  $\alpha = 1$ :

$$S(t) = k_0(t - t_0)^\alpha. \quad (1)$$

Следует отметить, что данная модель не давала адекватных результатов процесса распространения лесного пожара. Нами была выбрана квадратичная модель, где  $\alpha = 2$ , которая представляла собой конфигурацию с числом слоев 10 и числом нейронов в первом слое 10, по количеству входных полей, в промежуточном слое число нейронов составляло 20. Последний слой состоял из 1 нейрона. Цель работы заключалась в моделировании прироста площади лесного пожара.

**Результаты и обсуждение:** в результате моделирования были получены следующие результаты: по мере увеличения показателя степени « $\alpha$ » происходило увеличение точности получаемых результатов модели в сравнении с реальными значениями площади прироста лесных пожаров. Результаты вариаций показателей степени по отношению к проценту правильных ответов представлены в таблице.

Лучшие результаты были получены при следующей конфигурации нейронной сети: 9 скрытых слоев по 16 нейронов; 10 скрытых слоев по 20 нейронов.

Достоверность полученных в результате моделирования ответов, как можно наблюдать из таблицы, находится на интервале 60–78%.

### Результаты обучения нейронной сети

Показатель степени $\alpha$	Процент верных ответов	Точность прогноза, $\pm$ га/сут <sup>a</sup>
0,5	60,0	188,0
1	54,2	121,90
1,59	66,8	83,00
1,8	67,1	93,20
2	78,0	44,20

**Заключение.** Результат исследования продемонстрировал возможность применения нейросетевого моделирования для решения задачи краткосрочного прогнозирования прироста площади лесных пожаров, но стоит отметить, что применение специализированных нейронных парадигм могло бы улучшить результаты для решения задачи краткосрочного прогнозирования динамики лесных пожаров, что и послужило целью для нашей дальнейшей работы.

Достигнутые научные результаты позволяют продолжить исследования в выбранном направлении и совершенствовать метод нейросетевого прогнозирования динамики прироста лесных пожаров.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-37-90090.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Амосов Г.А. Некоторые закономерности развития лесных низовых пожаров. Возникновение лесных пожаров. – М.: Наука, 1964. – С. 152–183.
2. Доррер Г.А. Динамика лесных пожаров. – Новосибирск: СО РАН, 2008. – 404 с.
3. Гребнев Я.В., Москалев А.К. Прогнозирование чрезвычайных ситуаций на территории крайнего севера Красноярского края, обусловленных лесными и ландшафтными пожарами, с использованием нейросетевых алгоритмов // Инновации. – № 12 (242). – СПб., 2018. – С. 98–102.

УДК 004.021

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ АЛГОРИТМА РОСТА ДЕРЕВА

*К.К. Григорьев, студент каф. БИС*

*Научный руководитель М.Б. Бардамова, ст. преп. каф. КИБЭВС  
г. Томск, ТУСУР, kirill.grigoryev1998@gmail.com*

Подробно разобран метаэвристический алгоритм роста дерева. Представлено его пошаговое описание. Составлена блок-схема, написан программный код и эмпирически подобраны наборы параметров.

**Ключевые слова:** метаэвристика, алгоритм оптимизации, алгоритм роста дерева, параметры, эксперимент.

Проблемы оптимизации на данный момент являются одними из самых значимых в современных информационных системах. Различные области науки, такие как экономика, инженерия и медицина, постоянно генерируют новые задачи оптимизации [1]. Чтобы решить эти задачи, было разработано множество различных метаэвристических алгоритмов оптимизации. Одним из представителей является алгоритм роста дерева (TGA) [2], который вдохновлен процессом роста деревьев в дикой природе. Целью данной статьи является изучение этого алгоритма и проведение экспериментов, демонстрирующих результаты его работы в задачах с нечетким классификатором.

**Алгоритм роста дерева.** Подробный алгоритм изучаемой метаэвристики описан ниже:

1) произвольно сгенерировать популяцию деревьев и вычислить их целевые функции;

2) определить лучшее дерево на основе целевой функции;

3) выделить  $N_1$  лучших решений, которые будут выполнять локальный поиск, по формуле (1)

$$\mathbf{T}_i^{j+1} = \frac{\mathbf{T}_i^j}{\theta} + r\mathbf{T}_i^j, \quad (1)$$

где  $\theta$  – это скорость снижения мощности деревьев, а  $r$  – это случайный коэффициент от 0 до 1, отражающий скорость роста деревьев после поглощения пищи;

4) выбрать  $N_2$  решений для их перемещения между ближайшими лучшими решениями. Для этого требуется определить расстояние между выбранными деревьями и  $N_1$ , лучшими по формуле (2):

$$d_i = \left( \sum_{i=1}^{N_1+N_2} (\mathbf{T}_{N_2}^j - \mathbf{T}_i^j)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \& d_i = \begin{cases} \mathbf{T}_{N_2}^j \neq \mathbf{T}_i^j \rightarrow d_i \\ \mathbf{T}_{N_2}^j = \mathbf{T}_i^j \rightarrow \infty \end{cases}. \quad (2)$$

Затем нужно выбрать два решения  $x_1$  и  $x_2$  с минимальным  $d_i$ . Для того чтобы получить линейную комбинацию между деревьями, используется формула (3), где  $\lambda$  – это случайный коэффициент от 0 до 1, определяющий положение перемещенного дерева между двумя лучшими соседями:

$$y = \lambda x_1 + (1-\lambda)x_2. \quad (3)$$

Наконец, нужно переместить это дерево между двумя соседними деревьями по формуле (4), где  $\alpha_i$  – случайный коэффициент от 0 до 1, определяющий угол перемещения дерева:

$$\mathbf{T}_{N_2}^j = \mathbf{T}_{N_2}^j + \alpha_i y; \quad (4)$$

5) выбрать  $N_3$  худших решений и заменить их сгенерированными случайным образом;

6) создать новую популяцию (новая популяция  $N = N_1 + N_2 + N_3$ );

7) сгенерировать  $N_4$  новых решений и каждое новое решение изменить оператором маски относительно лучшего решения (из совокупности  $N_1$ ) случайным образом, затем добавить к новой совокупности (новая совокупность = новая популяция +  $N_4$ );

8) после сортировки новой популяции число  $N$  начальной популяции этой новой популяции будет рассматриваться как начальная популяция для следующей итерации.

**Проведение эксперимента.** Для эксперимента использованы 10 наборов данных из открытого репозитория [3]. Наборы параметров подбирались эмпирически в ходе 20 экспериментов. Для всех наборов данных использовалась десятикратная кроссвалидация, наборы используемых параметров представлены в таблице. Здесь № – номер эксперимента,  $N_1$  – число решений для локального поиска,  $N_2$  – число решений для глобального поиска,  $\theta$  – коэффициент снижения мощности деревьев.

**Наборы параметров для экспериментов**

№	$N_1$	$N_2$	$\theta$	№	$N_1$	$N_2$	$\theta$
1	22	17	1,3	11	20	17	1,4
2	20	15	1,2	12	15	15	0,8
3	20	10	1,1	13	15	10	0,8
4	15	20	1	14	10	20	0,9
5	15	17	0,9	15	10	17	1
6	10	15	0,8	16	22	15	1
7	10	10	0,8	17	22	10	0,9
8	22	15	1,1	18	20	20	0,8
9	22	10	1,2	19	20	17	0,8
10	20	20	1,3	20	15	15	1,4

В качестве исследуемой величины был использован процент ошибки классификации. Ошибка классификации является величиной, обратной точности (точность – отношение числа правильно классифицированных экземпляров данных к общему числу экземпляров). После выполнения эксперимента была составлена зависимость ошибки классификации от набора параметров, используемых в эксперименте. Диаграмма зависимости изображена на рис. 1.

**Заключение.** Изучив графическое изображение полученных результатов, можно сделать следующий вывод: большая часть наборов данных реагирует на изменение параметров одинаково, но значительно уменьшить ошибку классификации не вышло, что показывает малую эффективность эмпирического подбора параметров.

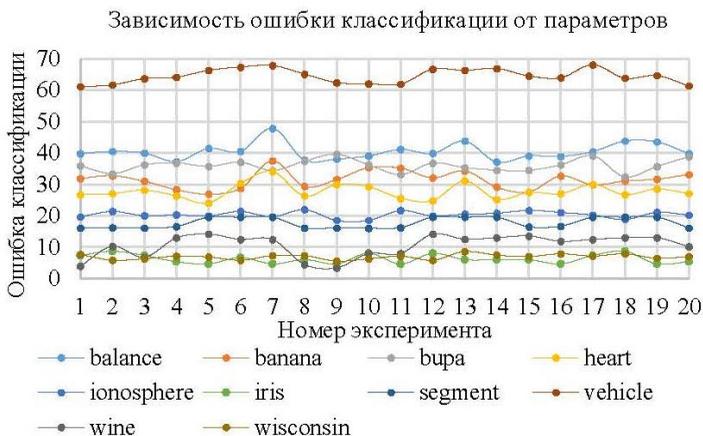


Рис. 1. Результаты экспериментов

Наибольшее увеличение ошибки наблюдается в экспериментах 7 и 13, где значения параметров  $N_1$  и  $N_2$  снижаются. В то время как в экспериментах 4 и 8 наблюдается уменьшение ошибки с ростом этих параметров. Параметр  $\theta$  оказывает слабое влияние на поведение функции, вероятно, нужно изменять этот параметр с ростом числа итераций. Для дальнейшего улучшения алгоритма требуется более тщательная работа с параметрами, динамически изменяющимися с течением времени.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Карпенко А.П. Основные сущности популяционных алгоритмов для задачи глобальной оптимизации // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2016. – № 2. – С. 8–18.
2. Cheraghalipour A., Hajiaghaei-Keshteli M., Paydar M.M. Tree Growth Algorithm (TGA): A novel approach for solving optimization problems // Engineering Applications of Artificial Intelligence. – 2018. – № 72. – P. 393–414.
3. Knowledge Extraction based on Evolutionary Learning [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://keel.es/> (дата обращения: 25.12.2020).

## СОЗДАНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ

*П.Ю. Лаптев, А.Е. Гужов, А.А. Гриценко,  
Н.Д. Шабанов, студенты каф. БИС;  
С.А. Давыденко, студент каф. КИБЭВС*

*Научный руководитель Е.Ю. Костюченко, к.т.н., доцент каф. КИБЭВС  
г. Томск, ТУСУР, pavel.laptev.99@mail.ru*

*Проект КИБЭВС-1906 «Машинное обучение при биометрической  
аутентификации и атаки на него»*

Изучены и разработаны способы сегментации изображений на основе нейронной сети U-net и языке программирования Python и последующего её анализа.

**Ключевые слова:** нейронная сеть, машинное обучение, сегментация, анализ изображений, U-net, PyTorch, Python.

Целью является разработка программного обеспечения на основе нейронных сетей для быстрого анализа изображений. В качестве изображений были взяты фотографии ценников сети магазинов «Лента», а в качестве результата анализа – цена за единицу товара.

Был собран набор данных для обучения нейронной сети: на фотографиях ценников были выделены классы, с которыми предстоит работать нейросети [1]. Изначально работа ведётся над одним классом.

В качестве основы для архитектуры нейронной сети была выбрана архитектура сети U-net, так как данная сеть в настоящее время является одной из лучших нейронных сетей для обработки изображений [2, 3]. В качестве языка программирования был выбран Python с использованием библиотеки PyTorch, так как они обладают всем необходимым функционалом для работы с нейронными сетями и просты в освоении.

**Архитектура нейронной сети.** Была построена упрощённая архитектура нейронной сети «U-Net», которая представлена на рис. 1, для конкретной задачи. Прямоугольниками обозначены тензоры, с которыми работает нейронная сеть. Цифрами – количество слоёв рабочих тензоров, горизонтальными стрелками – свёрточный слой с размером ядра  $3 \times 3$  и паддингом, равным двум, вертикальными стрелками вниз обозначен слой макспулинга (MaxPolling) с размером ядра  $2 \times 2$  и шагом свёртки, равным двум, а вертикальной стрелкой вверх обозначен слой UpScale (увеличение размера тензора), предназначенный для восстановления исходных размеров, с размером ядра  $2 \times 2$  В качестве функции потерь использовалась функция бинарной кроссэнт-

тропии, в качестве функций активации использовалась функция «ReLU», а в качестве оптимизатора был использован алгоритм «Adam», с параметром скорости обучения  $lr = 0,0001$ .

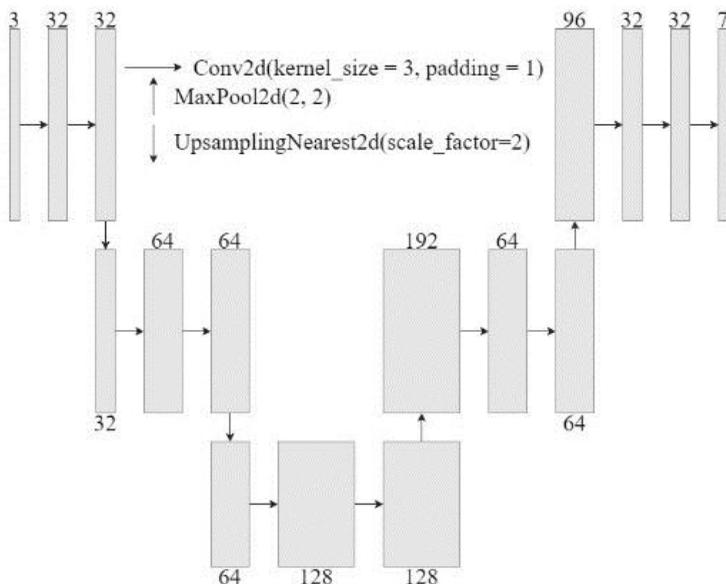


Рис. 1. Архитектура нейронной сети

На ценнике выделяются несколько классов, с которыми должна взаимодействовать программа. Изначально нейронная сеть работает только с одним классом на ценнике – цене по карте.

На вход в нейронную сеть подаются изображения размера  $256 \times 256$  пикселей. Далее с помощью свёрточных слоёв и приёма «бутл нек» (bottleneck) происходит анализ и сегментация изображений.

**Результаты работы.** На данный момент проект находится на стадии разработки. Нейронная сеть обучалась на небольшом наборе данных – 40 изображений типа train и 10 изображений типа test на 100 эпохах. Была получена точность  $acc = 66,48\%$ . На рис. 2 представлен график изменения точности при обучении нейронной сети на 100 эпохах, а также точность на эпохе можно увидеть в строке с номером эпохи: tensor (0.6648) – пример точности на последней эпохе.

На рис. 3 в левой части можно увидеть сравнение макси необходимой области ценника и результат работы нейронной сети – справа.

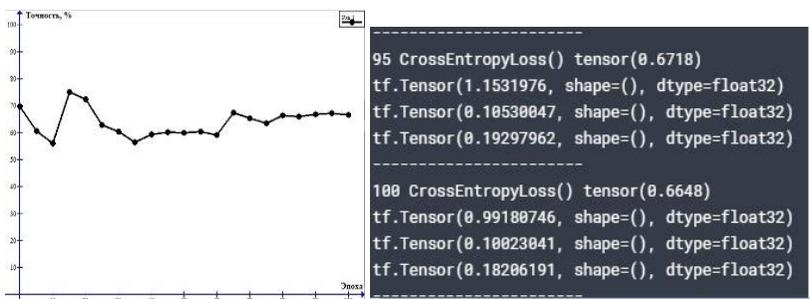


Рис. 2. График изменения точности при обучении нейронной сети

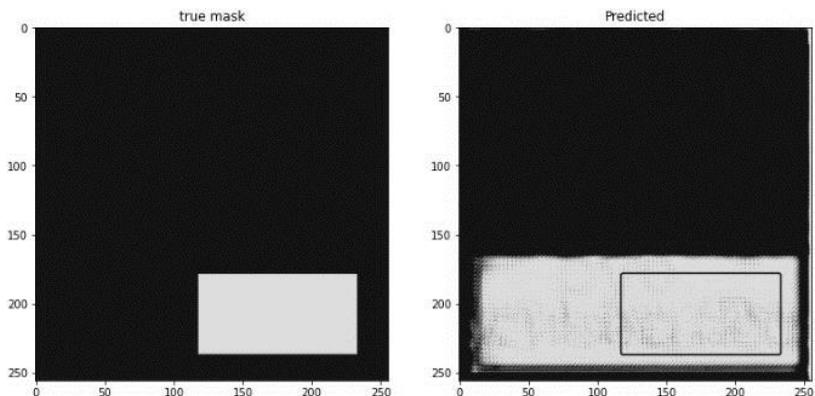


Рис. 3. Результат работы нейронной сети (результат сегментации)

**Заключение.** Дальнейшая работа в проекте направлена на увеличение точности работы нейронной сети посредством настройки параметров, а также распространение работы нейронной сети на остальные классы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках научных проектов, выполняемых коллективами исследовательских лабораторий образовательных учреждений высшего профессионального образования Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, номер проекта FEWM-2020-0042.

Авторы выражают благодарность Иркутскому суперкомпьютерному центру СО РАН за предоставленный доступ к НРС-кластеру «Академик В.М. Матросов» [4].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кирнос В.П., Петров В.А., Трапезников И.Н. Алгоритм поиска пути минимальной стоимости в задаче сегментация символов на изображении //

REDS: Телекоммуникационные устройства и системы. – 2013. – Т. 3, № 3. – С. 268–270.

2. Попов М.И., Миронов А.С. Сегментация изображений с использованием нейронных сетей // Информационные технологии XXI века. – 2018. – С. 53–62.

3. Емельянов А.В. Анализ методов семантической сегментации изображений на основе нейронных // Математические методы в технике и технологиях-ММТТ. – 2019. – Т. 12. – С. 195–201.

4. Иркутский суперкомпьютерный центр СО РАН, доступно на сайте: <http://hpc.icc.ru> (дата обращения: 22.11.2020).

УДК 004.02

## **МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ ГАРМОНИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ КВАЗИПЕРИОДИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ НА ПРИМЕРЕ ДИНАМИКИ ПРОСТАНОВКИ ПОДПИСИ**

*А.А. Хоменко*

*Научный руководитель Е.Ю. Костюченко, к.т.н., доцент каф. КИБЭВС  
г. Томск, ТУСУР, [wandering.in.dreams@yandex.ru](mailto:wandering.in.dreams@yandex.ru)*

Исследованы методы выделения гармонических составляющих на примере динамики простановки подписи. С помощью представленных методов были получены вторичные характеристики для каждой подписи. Также получены ошибки первого и второго рода, на основе которых данные методы были проанализированы. Полученные результаты помогают определить наилучший метод для выделения гармонических составляющих.

**Ключевые слова:** пики, гармоника, метод выделения, ошибки первого рода, ошибки второго рода.

В современном мире есть необходимость идентифицировать каждого человека, поэтому требования безопасности возносят биометрию на более высокий уровень. Рукописные подписи занимают особое место в широком наборе биометрических характеристик. В основном это связано с тем, что собственноручные подписи давно зарекомендовали себя как наиболее распространенное средство личной верификации [1]. Лучше всего подпись определять по её динамическим параметрам [2], таким, как:

- пространственная координата конца пера  $x(t)$ ,
- пространственная координата конца пера  $y(t)$ ,
- пространственная координата конца пера  $z(t)$ ,
- давление конца пера на планшет,
- угол движения пера,
- ориентация (наклон) пера.

Эти параметры называются первичными и определяются с помощью графического планшета и специального программного модуля [1]. Также важным фактором являются вторичные характеристики подписи, которые вычисляются посредством преобразования первичных параметров. Распространенным методом получения вектора биометрических параметров являются вычисление быстрого преобразования Фурье (БПФ) [3] с последующим выделением амплитуд гармоник или же дискретного вейвлет-преобразования (ДВП) [4].

Цель работы – определение эффективности реализованных методов. Методы были реализованы в среде Matlab.

Для проведения исследования была взята база данных с около 1 200 подписями [5], также нейронная сеть Перцептрон с одним промежуточным слоем, которая рассчитывает ошибки:

- 1) ошибки первого рода, усредненные по сумме ошибок I рода, при одинаковом приоритете ошибок I и II рода;
- 2) ошибки второго рода, усредненные по сумме ошибок II рода, при одинаковом приоритете ошибок I и II рода;
- 3) вероятность ошибки;
- 4) ошибки первого рода, усредненные по сумме ошибок I рода, при десятикратном приоритете ошибок II рода;
- 5) ошибки второго рода, усредненные по сумме ошибок II рода, при десятикратном приоритете ошибок II рода.

Методы выделения гармоник представляют собой использование одного из преобразований, БПФ или ДВП, с последующим выделением пиков с помощью встроенной функции Matlab `findpeaks`. В одном из методов с применением БПФ используется 1 024 отсчета, в другом – 16 384 для получения более гладкой кривой.

Первым шагом исследования является формирование вектора биометрических параметров, описанного в статье [1], в котором как раз используем наши методы.

Следующим шагом является расчет вероятностей ошибок с помощью нейронной сети Перцептрон с одним промежуточным слоем.

В табл. 1 представлена часть рассчитанных ошибок для всех методов.

Отталкиваясь от данных, представленных в таблице, можно заметить, что в методах БПФ с 16384 отсчетами ошибки уменьшились в сравнении с БПФ с 1 024 отсчетами. А метод, основанный на дискретном вейвлет-преобразовании, показывает ошибки ещё меньше. Чтобы подтвердить данное предположение, необходимо провести расчеты критериев, представленные далее.

Чтобы проверить не случайна ли разница между ошибками разных методов, необходимо рассчитать статистические критерии. В данной работе были рассчитаны *T*-критерий Стьюдента и *U*-критерий Манна–Уитни.

Таблица 1

**Ошибки, рассчитанные нейросетью**

	Номер ошибки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
БПФ с 1024 отсчетами	1	0,049	0,018	0,047	0,027	0,069	0,042	0,022	0,069	0,036	0,038
	2	0,018	0,028	0,025	0,029	0,015	0,012	0,009	0,017	0,016	0,017
	3	0,013	0,009	0,009	0,010	0,013	0,010	0,010	0,018	0,011	0,012
	4	0,089	0,107	0,153	0,104	0,091	0,051	0,049	0,084	0,040	0,040
	5	0,005	0,004	0,002	0,005	0,020	0,006	0,005	0,020	0,006	0,008
БПФ с 16384 отсчетами	1	0,053	0,053	0,027	0,036	0,020	0,020	0,033	0,078	0,020	0,024
	2	0,014	0,006	0,018	0,006	0,004	0,012	0,004	0,024	0,002	0,019
	3	0,011	0,026	0,010	0,010	0,005	0,010	0,006	0,011	0,004	0,010
	4	0,073	0,062	0,064	0,036	0,020	0,027	0,033	0,182	0,020	0,044
	5	0,006	0,006	0,008	0,007	0,004	0,009	0,004	0,001	0,002	0,006
ДВП	1	0,049	0,018	0,047	0,027	0,069	0,042	0,022	0,069	0,036	0,038
	2	0,023	0,051	0,016	0,033	0,016	0,015	0,035	0,023	0,011	0,021
	3	0,027	0,026	0,016	0,018	0,010	0,015	0,017	0,017	0,010	0,015
	4	0,069	0,082	0,093	0,136	0,076	0,093	0,140	0,067	0,069	0,042
	5	0,023	0,005	0,009	0,012	0,006	0,008	0,005	0,023	0,003	0,017

Критерии используются для определения статистической значимости различий средних величин.

Данные критерии были рассчитаны с помощью платформы для статистического анализа SPSS Statistics.

Таблица 2

**Пример вычисления *T*-критерия для первых двух методов**

Выборка и критерий	Средн.	Среднекв. отклонение	Среднекв. ошибка среднего	<i>T</i>	Значимость
1-я выборка	16384	0,0307	0,01748	-2,552	0,01336
	1024	0,0470	0,03029		
2-я выборка	16384	0,0102	0,00583	-2,476	0,01622
	1024	0,0204	0,02190		
3-я выборка	16384	0,0081	0,00311	-4,33	5,9E-05
	1024	0,0124	0,00455		
4-я выборка	16384	0,0404	0,03551	-3,297	0,00167
	1024	0,0744	0,04392		
5-я выборка	16384	0,0053	0,00260	-3,149	0,00259
	1024	0,0084	0,00476		

Из всех рассчитанных критериев можно сделать вывод, что разница между ошибками сравниваемых методов значима, так как во всех расчетах значимость меньше 0,05, т.е. ошибки при использовании метода БПФ с увеличенным количеством отсчетов и метода с ДВП уменьшаются.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Максаков М.В. Использование нейронных сетей при распознавании рукописных подписей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://os-russia.com/SBORNIKI/KON-331.pdf#page=28> (дата обращения: 08.10.2020).

2. Дорошенко Т.Ю., Костюченко Е.Ю. Система аутентификации на основе динамики рукописной подписи // Доклады ТУСУР. – 2014. – № 2 (32). – С. 219–223 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-autentifikatsii-na-osnove-dinamiki-rukopisnoy-podpisi> (дата обращения: 10.11.2020).

3. Gritsutenko S., Korovkin N. Applicability of a Fast Fourier Transform for a harmonic analysis [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2018/104/mateconf\\_eece2018\\_10004.pdf](https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2018/104/mateconf_eece2018_10004.pdf) (дата обращения: 20.10.2020).

4. Chao Yang, Zengyou He, Weichuan Yu. Comparison of public peak detection algorithms for MALDI mass spectrometry data analysis [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1186/1471-2105-10-4> (дата обращения: 27.11.2020).

5. Database with 1200 signatures [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/HrNim/database.git> (дата обращения: 09.10.2020).

УДК 004.855.5

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ЦИФРОВЫХ СИМВОЛОВ

*В.Я. Лешков*

*Научный руководитель Е.Ю. Костюченко, к.т.н., доцент каф. КИБЭВС  
г. Томск, ТУСУР, Vladissimo19@yandex.ru*

Реализованы три метода распознавания цифровых символов по изображению для дальнейшего сравнительного анализа эффективности распознавания цифровых символов из базы данных MNIST. Для сравнения эффективности методов был выбран и реализован подсчет метрик: точность (precision), полнота (recall), F-мера. Полученные результаты позволяют определить наиболее эффективный метод распознавания цифровых символов.

**Ключевые слова:** нейронная сеть, распознавание, точность, полнота, F-мера.

Распознавание рукописных, печатных символов в настоящее время привлекает внимание множества исследователей из-за многообразия возможностей прикладного применения: вспомогательные технологии для слепых и слабовидящих, взаимодействие человека и робота, автоматический ввод рукописного текста в цифровой вид и т.д.

На данный момент существует множества методов, реализующих данную задачу, наиболее популярными решениями являются: многослойный перцептрон [1], сверточная нейронная сеть [2], рекуррентная нейронная сеть [3]. В данной работе были рассмотрены реализации данных трех методов.

Цель работы – определение эффективности рассмотренных методов распознавания цифровых символов по изображению, а именно сверточной нейронной сети, рекуррентной нейронной сети и многослойного перцептрона.

Методы были реализованы на языке программирования Python с применением фреймворка Keras [4].

Для проведения исследования была взята база данных MNIST с 60 тысячами изображений для тренировки нейронной сети и 10 тысяч тестовых изображений.

Для того чтобы оценить качество работы алгоритма, было принято решение использовать метрики precision (точность) и recall (полнота). Их подсчет производится по данным формулам:

$$\text{precision} = \frac{TP}{TP+FP}, \quad \text{recall} = \frac{TP}{TP+FN},$$

где TP – истинно-положительное решение; FP – ложноположительное решение; FN – ложноотрицательное решение.

Очевидно, что чем выше точность, тем лучше работает алгоритм, однако на практике редки случаи, когда точность и полнота максимальны и приходится искать баланс. F-мера – это метрика, которая объединяет в себе информацию о точности и о полноте алгоритма. Она представляет собой гармоническое среднее между точностью и полнотой. Таким образом, F-мера стремится к нулю, если точность или полнота стремится к нулю. Ее подсчет производится по формуле

$$F = 2 * \frac{\text{precision} * \text{recall}}{\text{precision} + \text{recall}}.$$

Для проведения вычислительных экспериментов все модели нейронных сетей были обучены на обучающих изображениях базы данных MNIST, протестированы на тестовых изображениях базы данных MNIST и на основе распознавания тестовых данных были подсчитаны метрики. Результаты представлены в таблице.

### Результат экспериментов

Метод распознавания	Precision	Recall	F-мера
CNN	0,9854	0,9786	0,9819
MLP	0,9532	0,9511	0,9521
RNN	0,9810	0,9753	0,9781

Как можно увидеть из таблицы, значения F-меры у всех методов распознавания очень близки, однако сверточная нейронная сеть показала наилучший результат распознавания на базе данных MNIST.

**Заключение.** В ходе проделанной работы были получены следующие результаты:

1. Рассмотрены методы распознавания цифровых символов для их дальнейшего сравнительного анализа.
2. Реализован подсчет метрик для сравнительного анализа методов.
3. Определен наиболее эффективный метод распознавания цифровых символов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Neural network-based english alphanumeric character recognition [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/262715706\\_Neural\\_Network-Based\\_English\\_Alphanumeric\\_Character\\_Recognition/](https://www.researchgate.net/publication/262715706_Neural_Network-Based_English_Alphanumeric_Character_Recognition/), свободный (дата обращения: 25.09.2020).
2. Handwritten Devanagari Character Recognition Using Layer-Wise Training of Deep Convolutional Neural Networks and Adaptive Gradient Methods [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2313-433X/4/2/41/>, свободный (дата обращения: 26.09.2020).
3. Segmentation-free Vehicle License Plate Recognition using ConvNet-RNN [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1701/1701.06439.pdf/>, свободный (дата обращения: 30.09.2020).
4. Keras: библиотека глубокого обучения на Python [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru-keras.com/home/>, свободный (дата обращения: 18.11.2020).

УДК 004.934.2

### ВЫБОР МЕТРИКИ ДЛЯ СРАВНЕНИЯ ЗАПИСЕЙ СЛОГОВ

*Д.И. Новохрестова, аспирант каф. КИБЭВС*

*Научный руководитель Е.Ю. Костюченко, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.*

*г. Томск, ТУСУР, ndi@fb.tusur.ru*

Рассмотрены три метрики для использования в алгоритме нахождения количественной оценки схожести записей слогов. Произведено сравнение полученных оценок для пар с нормальным произноше-

нием и пар с нормальным и искаженным произношениями. Сделан предварительный выбор метрики, обозначены задачи для дальнейшего решения.

**Ключевые слова:** оценка разборчивости речи, сравнение записей слогов.

В рамках решения задачи построения алгоритма получения количественных оценок схожести двух записей одного и того же слога одной из подзадач является выбор меры схожести. Целью данной работы является выбор метрики на основе анализа оценок, полученных на искусственно сформированном наборе данных.

**Эксперимент.** Имеется два набора записей слога «ФЕК»: 5 записей с нормальным произношением фонемы [к], 5 записей с искаженным произношением фонемы [к]. Фонема [к] является проблемной, а именно одной из наиболее подверженных изменениям после хирургического лечения рака гортани [1].

Обозначим оценку, получаемую в результате сравнения пары записей, в каждой из которых проблемная фонема произнесена правильно, оценкой «норма/норма», а оценку, получаемую для пары записей, в одной из которых фонема произнесена правильно, а во второй с искажением, оценкой «норма/искажение». Предполагается, что получаемые оценки «норма/норма» должны отличаться от оценок «норма/искажение». Соответственно, множества оценок не должны пересекаться.

Так как все записи имеют различные длины, то перед непосредственным нахождением количественной оценки схожести необходимо провести временную нормализацию, т.е. привести записи к одной длине. В текущей версии алгоритма для этого выбран алгоритм динамической трансформации временной шкалы – DTW-алгоритм [2]. Для исследования выбраны три метрики: DTW-расстояние, коэффициент корреляции, расстояние Минковского. Для расстояния Минковского в статье отражены результаты для значения параметра, равного 3. Все три проверяемые метрики являются симметричными, порядок в паре при подаче на вход алгоритма неважен.

**Результаты.** Полученные оценки представлены в табл. 1, 2 – для DTW-расстояния, табл. 3, 4 – для коэффициента корреляции и табл. 5, 6 – для расстояния Минковского ( $p = 3$ ). В таблицах записи с нормальным произношением обозначены n1-n5, с искаженным – и1-и5.

Для DTW-расстояния оценки в парах «норма/норма» заключены в отрезок [12,937; 18,912] (здесь и далее не используются значения, получаемые в случае подачи на вход алгоритма двух идентичных записей), в парах «норма/искажение» – [22,82; 40,15]. Данная метрика

подходит под обозначенный критерий выбора, множества оценок не пересекаются.

Таблица 1

**DTW-расстояния да пар «норма/норма»**

Норма/норма	н1	н2	н3	н4	н5
н1	0				
н2	16,738	0			
н3	17,474	15,62	0		
н4	18,276	18,912	18,447	0	
н5	16,717	18,142	18,632	12,937	0

Таблица 2

**DTW-расстояния для пар «норма/искажение»**

Норма/искажение	и1	и2	и3	и4	и5
н1	25,487	28,537	34,649	28,837	33,159
н2	23,394	26,658	30,983	26,814	30,825
н3	22,82	25,25	31,246	26,361	31,626
н4	24,831	28,507	39,49	32,227	37,891
н5	24,953	28,006	40,15	32,013	37,976

Таблица 3

**Коэффициенты корреляции для пар «норма/норма»**

Норма/Норма	н1	н2	н3	н4	н5
н1	1				
н2	0,053	1			
н3	0,072	0,209	1		
н4	0,187	0,102	0,085	1	
н5	0,109	0,106	0,194	0,462	1

Таблица 4

**Коэффициенты корреляции для пар «норма/искажение»**

Норма/искажение	и1	и2	и3	и4	и5
н1	0,124	0,163	0,045	0,072	0,063
н2	0,112	0,151	0,109	0,119	0,165
н3	0,125	0,1	0,394	0,169	0,774
н4	0,24	0,188	0,039	0,111	0,082
н5	0,176	0,17	0,094	0,151	0,149

Таблица 5

**Расстояния Минковского для пар «норма/норма»**

Норма/норма	н1	н2	н3	н4	н5
н1	0				
н2	0,466	0			
н3	0,441	0,41	0		
н4	0,394	0,381	0,368	0	
н5	0,399	0,348	0,243	0,266	0

Таблица 6

**Расстояния Минковского для пар «норма/искажение»**

Норма/искажение	и1	и2	и3	и4	и5
н1	0,378	0,373	0,556	0,408	0,544
н2	0,411	0,356	0,541	0,474	0,556
н3	0,403	0,412	0,498	0,453	0,331
н4	0,231	0,234	0,514	0,264	0,493
н5	0,253	0,245	0,259	0,252	0,264

Для коэффициента корреляции оценки пар «норма/норма» принадлежат отрезку  $[0,53; 0,462]$ , оценки пар «норма/искажение» –  $[0,039; 0,774]$ . Для расстояния Минковского оценки пар «норма/норма» –  $[0,243; 0,466]$ , оценки пар «норма/искажение» –  $[0,231; 0,556]$ . Для обеих метрик множества оценок пересекаются, значит, данные метрики не могут быть применены в текущей версии алгоритма.

**Заключение.** На основе представленных результатов можно сделать вывод, что в текущей версии алгоритма в качестве метрики стоит использовать DTW-расстояние. Однако этот выбор может быть изменен после решения новых задач, поставленных после результата анализа данного исследования.

1. Проверка оценок, получаемых с использованием DTW-расстояния на базе данных записей пациентов. Проверка на статистическую значимость различий в оценках.

2. Аналогичная проверка коэффициента корреляции и метрики Минковского с использованием другого подходящего алгоритма временной нормализации (при наличии).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-37-90082.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Костюченко Е.Ю. Model of system quality assessment pronouncing phonemes / Е.Ю. Костюченко, Д.И. Игнатъева, Р.В. Мещеряков и др. // Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics). – 2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7819016/> (дата обращения: 09.03.2021).

2. Романенко А.А. Выравнивание временных рядов: прогнозирование с использованием DTW // Машинное обучение и анализ данных. – 2001. – № 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://jmla.org/papers/doc/2011/no1/Romanenko2011Dynamic.pdf> (дата обращения: 09.03.2021).

## АЛГОРИТМ САРАНЧИ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ ФУНКЦИЙ

**Р.О. Остапенко, студент каф. КИБЭВС**

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

*г. Томск, ТУСУР, ro99man2@mail.ru*

*Проект ГПО КИБЭВС-1705 «Нечёткие системы»*

Рассматривается алгоритм оптимизации, основанный на поведении саранчи. Проводился эксперимент по поиску экстремума разных математических функций, в результате алгоритм находит решения, близкие к экстремуму.

**Ключевые слова:** алгоритм саранчи, метаэвристика, оптимизация.

**Постановка задачи.** Потребность в нахождении лучшего решения из множества возможных по определённому критерию часто возникает при решении множества различных задач. В математике – это задача оптимизации: необходимо найти такие параметры функции:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow \min.$$

Существуют различные методы оптимизации, основанные на различных подходах. Цель данной работы: рассмотрение пригодности метаэвристического алгоритма, основанного на поведении стаи саранчи, для решения задачи оптимизации.

**Алгоритм.** Пока саранча находится в состоянии куколки, она может передвигаться лишь на маленькие расстояния. Во взрослом состоянии саранча объединяется в стаю и путешествует по воздуху на дальние расстояния [1].

Популяция саранчи инициализируется случайным образом;

Ищем лучшее решение – **T**.

Пока  $k < \max\_iter$  ( $\max\_iter$  – количество итераций):

Считаем  $c$ : 
$$c = c_{\max} - k \frac{c_{\max} - c_{\min}}{\max\_iter}.$$

Пока  $i < N$  ( $N$  – количество особей).

Пересчитывается позиция  $i$ -й особи по формуле

$$\mathbf{X}_i = c \left( \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N \frac{c(ub-lb)}{2} s(|x_j - x_i|) \frac{x_j - x_i}{d_{ij}} \right) + \mathbf{T},$$

где  $ub$  – верхняя граница поисков;  $lb$  – нижняя граница поисков;

$d_{ij} = |x_j - x_i|$  – расстояние между  $i$ -й и  $j$ -й особью;  $s(r) = fe^{\frac{r}{l}} - e^{-r}$  – социальная сила, где  $l$  – масштаб притяжения особей,  $f$  – сила притяжения одной особи к другой.

Конец цикла

Изменить **T**, если есть решение лучше.

Конец цикла

Вывод **T**.

**Эксперимент.** Проведён эксперимент с пятью, десятью, тридцатью параметрами, 1 200 итераций, 50 особей саранчи. Осуществлено 30 запусков программы. Алгоритм запущен на 8 различных функциях. Результаты представлены в таблице.

**Заключение.** В результате эксперимента установлено, что алгоритм находит решения, близкие к экстремуму, а значит, приспособлен к решению задач оптимизации.

**Результаты эксперимента**

Название	Функция	Интервал	Лучшее значение			Минимум
			$d = 5$	$d = 10$	$d = 30$	
Сфера	$f(x) = \sum_{i=1}^n x_i^2$	[-100; 100]	1,73E-8	6,862E-8	0,006	0
Schwefel's No.1.2	$f(x) = \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^i x_j^2 \right)$	[-100; 100]	0,0039	0,040829	0,949	0
Schwefel's No.2.21	$f(x) = \max_i \{  x_i , 1 < i < n \}$	[-100; 100]	0,00032	0,000318	0,141	0
Schwefel's No.2.22	$f(x) = \sum_{i=1}^n  x_i  + \prod_{i=1}^n  x_i $	[-100; 100]	5,76E-5	0,000406	0,309	0
Sum of different power	$f(x) = \sum_{i=1}^n ( x_i )^{i+1}$	[-1; 1]	8,104E-8	2,5521E-7	9,42E-8	0
Dixonprice	$f(x) = (x_1 - 1)^2 + \sum_{i=2}^n (2x_i^2 - x_{i-1})^2$	[-10; 10]	0,66667	0,950812	0,667	0
Sum Squares	$f(x) = \sum_{i=1}^n ix_i^2$	[-5,12; 5,12]	1,63E-9	1,7575E-9	1,58E-6	0
Griewank	$f(x) = \sum_{i=1}^n \frac{x_i^2}{4000} - \prod_{i=1}^n \cos\left(\frac{x_i}{\sqrt{i}}\right) + 1$	[-600; 600]	0,0051	2,6322E-5	0,02629	0

## ЛИТЕРАТУРА

1. Saremi S. Grasshopper Optimisation Algorithm: Theory and application // S. Saremi, S. Mirjalilia, A. Lewis // Advances in Engineering Software. – 2017. – Vol. 105. – P. 30–47.

УДК 004.02

### НАХОЖДЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ЗАДАНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ С ПОМОЩЬЮ МЕТАЭВРИСТИКИ BLACK HOLE ALGORITHM

*М.С. Платонов, студент каф. БИС*

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

Предоставлены описание метаэвристического алгоритма Black Hole Algorithm, принцип работы, а также результаты тестирования на основании 13 тестовых функций для оптимизации.

**Ключевые слова:** метаэвристика, Black Hole Algorithm, фитнес-функция.

Метаэвристические алгоритмы с каждым днем становятся популярнее, и это не просто так. Они считаются достаточно мощными и действенными при решении широкого круга оптимизационных задач. Сила метаэвристики состоит в их способности решения сложных задач без знания пространства поиска, именно поэтому эти методы дают возможность решать трудноразрешимые задачи оптимизации [1].

Существует ряд свойств, по которым можно классифицировать метаэвристики. Непопуляционные метаэвристики используют одно потенциальное решение, в то время как популяционные метаэвристики используют множество потенциальных решений. Популяционные метаэвристики можно разделить на роевые, эволюционные и иммунные. Также метаэвристики классифицируют на натуральные, основанные на моделировании процессов биологических, физических и социальных систем, и ненатуральные [2].

Целью работы является изучение и исследование работы метаэвристического алгоритма Black Hole Algorithm на примере нескольких тестовых функций.

**Black Hole Algorithm.** Black Hole Algorithm – это популяционный метод, основанный на гравитационном феномене черных дыр [3]. Его совокупность возможных решений генерируется и случайным образом распределяется в пространстве поиска. Эволюция популяции в данном алгоритме осуществляется путем перемещения всех кандидатов (звезд) к лучшему кандидату (черной дыре) на каждой итерации и

замены тех кандидатов, которые входят в диапазон черной дыры, вновь созданными кандидатами в пространстве поиска [4].

Алгоритм черной дыры начинается с начальной совокупности потенциальных решений и целевой функции, которая рассчитывается для них. На каждой итерации алгоритма лучший кандидат становится черной дырой, которая затем начинает притягивать к себе других кандидатов, называемых звездами. Если звезда подойдет слишком близко к черной дыре, она будет поглощена и исчезнет навсегда. В таком случае новая звезда (потенциальное решение) генерируется случайным образом, помещается в область поиска и запускает новый поиск.

Изменение координат звезды рассчитывается по следующей формуле:

$$x_i(t+1) = x_i(t) + \text{rand} \times (x_{\text{БН}} - x_i(t)).$$

Горизонт событий рассчитывается по следующей формуле:

$$R = \frac{FIT_{\text{БН}}}{\sum_{i=1}^N FIT_i}.$$

Данный алгоритм был реализован в виде программы на языке программирования Python. В качестве критерия остановки был выбрано ограничение по времени. Для тестирования были выбраны 13 различных функций. Функции выполнялись для размерностей 5 и 10, а также с ограничением по времени в 5 и 15 мин. На выходе программа возвращает минимальный результат, которого смог добиться алгоритм за данные промежутки времени. Каждый такой запуск программы для одной функции повторялся 10 раз. Результаты тестирования предоставлены в таблице.

**Результаты тестирования**

Функция	dim	5		10	
	time	5	15	5	15
Sphere Function	сред.	1,1E-14	7,39E-19	6,86E-14	1,82E-09
	мин.	7,7E-61	2,00E-302	1,82E-58	9,02E-60
Rastrigin Function	сред.	0,55276	0,331655	11,60806	10,39198
	мин.	0	0	4,974839	1,98993
Rosenbrok Function	сред.	0,00016	8,14E-06	1,305298	0,226609
	мин.	1,4E-09	8,61E-12	0,003475	0,003907
Bent Cigar Function	сред.	2,90143	0,97471	0,8277	1,10838
	мин.	0,00331	0,00094	0,00319	0,00309
Discus Function	сред.	1,2E-12	2,65E-15	4,50E-14	2,83E-07
	мин.	1,1E-35	1,52E-32	4,31E-23	1,95E-20
Schwefel Function	сред.	92,119	39,481	1067,28	1034,997
	мин.	0	0	875,113	767,455

## Продолжение таблицы

Функция	dim	5		10	
	time	5	15	5	15
Sum of different powers Function	сред	1,8E-14	2,27E-15	6,07E-12	1,44E-12
	мин.	1,1E-14	7,96E-16	4,02E-12	6,22E-13
Zakharov Function	сред	4,9E-13	4,43E-07	1,78E-07	1,74E-06
	мин.	2,1E-70	4,04E-88	7,07E-14	1,02E-15
Styblinski-Tang Function	сред	-195,83	-195,831	-363,38661	-377,49001
	мин.	-195,83	-195,8302	-377,52315	-391,66034
Ackley Function	сред	4,4E-16	4,44E-16	0,23103065	0,11551536
	мин.	4,4E-16	4,44E-16	4,00E-15	4,44E-16
Griewank Function	сред	0,03596	0,020448	0,427668	0,34767
	мин.	0,01477	0,007396	0,108305	0,054197
Michalewicz Function	сред	-4,6363	-4,6685	-8,4293	-8,4398
	мин.	-4,685	-4,6852	-9,1641	-9,2642
Trid Function	сред	-29,985	-29,99808	-209,31203	-209,56178
	мин.	-30	-29,99999	-209,99951	-209,99987

**Заключение.** Итоговые результаты говорят о вполне хорошей работе алгоритма в поисках минимумов, однако не во всех выбранных функциях. Например, функция Растригина показывает не очень удовлетворительные результаты с учетом своего минимума в нуле, также как и работа с функцией Schwefel. Это может говорить о проблемной работе алгоритма при попадании в локальные минимумы, из которых ему трудно выходить, для чего стоит разработать и реализовать изменения, улучшающие работу.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Щербина О.А. Метаэвристические алгоритмы для задач комбинаторной оптимизации // Таврический вестник информатики и математики. – 2014. – Т. 1. – № 24.
2. Sharma A., Sharma D. Clonal Selection Algorithm for Classification / Eds. P. Liò, G. Nicosia, T. Stibor // Artificial Immune Systems. – ICARIS 2011. Lecture Notes in Computer Science. – Vol. 6825. Springer, Berlin, Heidelberg.
3. Левин А. История чёрных дыр // Популярная механика. – ООО «Фэшн Пресс», 2005. – № 11. – С. 52–62.
4. Hatamlou A. Black hole: A new heuristic optimization approach for data clustering // Information Sciences. – 2013. – Vol. 222. – P. 175–184.

## ПРОВЕРКА СТАТИСТИЧЕСКИХ ГИПОТЕЗ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ИНТЕЛЛЕКТА

*П.А. Пухова, студентка*

*Научный руководитель К.С. Сарин, доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.  
г. Томск, ТУСУР, pukhova.polina@yandex.ru*

Проведено исследование статистических критериев для оценки качества классификации алгоритмами машинного обучения.

**Ключевые слова:** статистический тест, классификатор, машинное обучение.

В последние годы сообщество машинного обучения все больше осознает необходимость статистической проверки опубликованных результатов. Это можно объяснить полным развитием изучаемой области, растущим числом реальных приложений и доступностью открытых фреймворков машинного обучения, которые упрощают создание новых алгоритмов или изменение существующих и сравнение их друг с другом. Статистическая оценка результатов экспериментов считается важной частью проверки новых методов машинного обучения [1].

Статистический тест или критерий – это строгое математическое правило, согласно которому статистическая гипотеза либо принимается, либо отклоняется. Его цель – отличить успех от неудачи. Для тестов выбирается количество наборов тестовых данных, запускаются алгоритмы, и качество полученной модели оценивается с помощью соответствующего показателя, чаще всего это точность классификации.

Целью настоящей работы является исследование непараметрических тестов для сравнения точности классификации алгоритмов машинного обучения.

**Ход работы.** Для сравнения методов классификации были использованы статистические критерии Фридмана и Краскела–Уоллиса.

Тест Краскела–Уоллиса – это непараметрическая версия одно-стороннего дисперсионного анализа или ANOVA [2]. Этот тест можно использовать для определения того, имеют ли более двух независимых выборок разные распределения. Нулевая гипотеза заключается в том, что эффективность работы классификаторов одинакова. Отказ от нулевой гипотезы указывает на наличие некоторых различий между классификаторами.

Тест Фридмана – это непараметрическая статистическая процедура для сравнения более двух связанных выборок. Это параметрический эквивалент дисперсионного анализа с повторными измерениями

(ANOVA) [2, 3]. Нулевая гипотеза заключается в том, что точность алгоритмов классификации эквивалентна. Отказ от нулевой гипотезы указывает на то, что не все алгоритмы эквивалентны.

Для исследования было взято 3 вида классификации: метод *k*-ближайших соседей (KNN), деревья решений (DR) и наивный байесовский классификатор (NB) [4].

Алгоритм *k*-ближайших соседей является самым простым алгоритмом машинного обучения. Построение модели похоже на запоминание набора обучающих данных. Чтобы предсказать новую точку данных, алгоритм находит ближайшие точки в обучающем наборе, т.е. ищет «ближайших соседей».

Следующий метод классификации – деревья решений. Это модели, которые часто используются для решения задач классификации и регрессии. Они задают вопросы и строят иерархию правил «если ... то», которые приводят к решению.

Последний метод классификации – это наивный байесовский классификатор. Это семейство классификаторов, очень похожих на линейные модели. Они оценивают параметры, рассматривая каждый атрибут отдельно, и собирают простую статистику классов для каждого атрибута.

С помощью рассмотренных классификаторов были проведены эксперименты с 23 различными наборами данных из различных предметных областей и имеющих разное количество экземпляров.

Далее для каждого классификатора были посчитаны средние значения и медианы. Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Средние значения и медианы		
	Среднее значение	Медиана
KNN	0,8	0,82
NB	0,721	0,746
DR	0,744	0,767

Так как методы ведут себя по-разному на различных наборах данных, то использовать такие метрики как среднее значение точности классификации или медиану не является разумным, поэтому в исследовании были использованы статистические тесты, которые с научной точки зрения обоснованы дают представление о поведении анализируемых данных.

Для оценки классификации были использованы рассмотренные тесты Фридмана и Краскела–Уоллиса. С помощью реализованных программ был посчитан *p*-уровень, т.е. вероятность ошибочного отклонения нулевой гипотезы. Полученные значения *p*-уровня приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Значения  $p$ -уровня**

Тест Краскела–Уоллиса	Тест Фридмана
$p = 0,290$	$p = 0,235$

**Заключение.** Для принятия решения о том, необходимо ли отклонить нулевую гипотезу по результатам статистического теста, значение  $p$  сравнили с принятым критическим (пороговым) уровнем значимости  $\alpha$ , который равен 0,05. Так как полученные значения  $p$ -уровня оказались больше уровня значимости  $\alpha$ , то из полученных результатов были подтверждены нулевые гипотезы двух тестов, которые говорили о том, что точность алгоритмов классификации эквивалентна. Исходя из этого был сделан вывод о том, что точность классификаторов оказалась статистически неразличимой для исследуемых наборов данных.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Demsar J. Statistical Comparisons of Classifiers over Multiple Data Sets // Journal of Machine Learning Research. – 2006. – Vol. 7. – P. 1–30.
2. Zhiwen Yu. A New Kind of Nonparametric Test for Statistical Comparison of Multiple Classifiers Over Multiple Datasets / Zhiwen Yu, Zhiqiang Wang, Jane You, Jun Zhang, Jiming Liu, Fellow, Hau-San Wong, Guoqiang Han // IEEE. – 2016. – P. 1–14.
3. Катруца А. Статистическое сравнение классификаторов. – М.: МФТИ, 2014.
4. Мюллер А., Гвидо С. Введение в машинное обучение с помощью Python: руководство для специалистов по работе с данными. – 2017. – 393 с.

УДК 004.8

**МЕТАЭВРИСТИКА SELFISH HERD ALGORITHM ДЛЯ ПОИСКА МИНИМУМА МАТЕМАТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ****А. Ч. Вамбуев, студент каф. БИС***Научный руководитель М.Б. Бардамова, ст. преп. каф. КИБЭВС  
г. Томск, ТУСУР, vambuev99@gmail.com*

Рассматривается метаэвристика Selfish Herd, выбранная для реализации в целях нахождения минимумов различных математических функций. Представлены краткое описание алгоритма и результаты тестирования на пяти математических функциях.

**Ключевые слова:** роевые алгоритмы оптимизации, эгоистичное стадо, алгоритм оптимизации, метаэвристический алгоритм.

У многих видов животных, которые живут в группах, стаях, колониях, проявляются особые агрегативные поведения, широко известные как роевое поведение. Такой коллективный феномен был изучен энтомологами с целью моделирования поведения многих биологических роев [1].

В данной работе для решения оптимизационных задач предлагается новый роевой алгоритм оптимизации, называемый Selfish Herd Optimizer (SHO) [2]. Целью является нахождение оптимума в задаче оптимизации математических функций.

**Selfish Herd Optimizer.** Открытая Уильямом Д. Гамильтоном в 1971 г. теория [3] гласит, что действия индивидов внутри стада демонстрируют необычную степень эгоизма, особенно когда члены таких скоплений подвергаются опасности из-за присутствия хищников.

В алгоритме вся популяция животных делится на две подгруппы: члены стада «Н» и хищники «Р», далее для каждого животного вычисляется критерий выживаемости, который представляет его способность к выживанию (качество решения) относительно его текущего положения в пространстве решений. На каждой итерации особь стада двигается к ближайшему члену стада, который имеет лучшие способности к выживанию, а хищники движутся к ближайшей особи из стада, которая обладает большей привлекательностью. Тем самым жертва стремится улучшить свои шансы выжить при нападении хищника, двигаясь таким образом, чтобы позволить им поставить других особей между собой и нападающими хищниками. Расстояние между членами стада вычисляется с помощью расстояния Евклида. После окончания движения происходит перерасчет критерия выживаемости, и итерация начинается заново. Весь процесс продолжается до истечения заданного количества итераций, на выход подается вектор с лучшим значением целевой функции.

**Результаты тестирования SHO.** В качестве экспериментальных данных было взято 5 математических функций. Данные функции представлены в табл. 1.

Результаты тестирования представлены в табл. 2.

**Заключение.** В ходе выполнения работы был рассмотрен метаэвристический алгоритм Selfish Herd Algorithm, построенный на основе теории Гамильтона о минимизации риска стать жертвой атаки хищника.

Было проведено тестирование работоспособности и сходимости метаэвристического алгоритма SHO для пяти функций, с размерностью популяции животных  $N = 50$  и количеством итераций  $T = 1000$ .

После экспериментальной части можно сделать следующий вывод: метаэвристический алгоритм SHO находит близкие к оптимальным значения для всех тестируемых функций. Если увеличить итера-

ции работы алгоритма, то для тех функций, для которых оптимум был не найден, вероятнее всего найдется самое приближительное к нулю значение.

Т а б л и ц а 1

**Математические функции**

Название	Формула	Ми- нимум	Поисковое пространство
Ackley function (F1)	$f(x, y) = -20 \exp \left[ -0,2 \sqrt{0,5(a^2 + b^2)} \right] - \exp \left[ 0,5(\cos 2\pi x + \cos 2\pi y) \right] + e + 20$	0	$-5 \leq x \leq 5$
Beale function (F2)	$f(x, y) = (1,5x + xy)^2 + (2,25x + xy^2)^2 + (2,625x + xy^3)^2$	0	$-4,5 \leq x \leq 4,5$
Booth function (F3)	$f(x, y) = (x + 2y - 7)^2 + (2x + y - 5)^2$	0	$-10 \leq x \leq 10$
Matyas function (F4)	$f(x, y) = 0,26(x^2 + y^2) - 0,48xy$	0	$-10 \leq x \leq 10$
Himmelblau's function (F5)	$f(x, y) = (x^2 + y - 11)^2 + (x + y^2 - 7)^2$	0	$-5 \leq x \leq 5$

Т а б л и ц а 2

**Результаты тестирования**

Значения	$N = 50$ – размер популяции; $T = 1000$ – количество итераций		
	Среднее среди лучших	Медиана среди лучших	Стандартное отклонение
F1	3,22e-13	7,67e-10	2,79e-09
F2	2,35e-04	6,10e-04	5,60e-04
F3	1,20e-13	2,50e-13	1,40e-14
F4	-4,50e-03	-2,55e-03	1,10e-03
F5	1,17e-13	3,3e-13	2,77e-13

Данный алгоритм позволяет находить оптимальные или близкие к ним значения различных математических функций. В дальнейшем планируется написание программы на языке Python и его внедрение в систему нечетких классификаторов.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Ходашинский И.А. Метаэвристические методы оптимизации параметров нечетких классификаторов / И.А. Ходашинский, А.Е. Анфилофьев, М.Б. Бардамова, В.С. Ковалев, М.А. Мех, О.К. Сонич // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2016. – № 1(27). – С. 73–80.
2. Fausto F. A global optimization algorithm inspired in the behavior of selfish herds / F. Fausto, E. Cuevas, A. Valdivia, A. González // Biosystems. – 2017. – Vol. 160. – P. 39–55.
3. Hamilton W.D. Geometry for the Selfish Herd // Journal of Theoretical Biology. – Vol. 31, No. 2. – P. 295–311.

## **ПОДСЕКЦИЯ 3.6**

### **МОЛОДЕЖНЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ НАУЧНЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОЕКТЫ**

*Председатель секции – Костина М.А., доцент каф. УИ, к.т.н.;*  
*зам. председателя – Нариманова Г.Н., зав. каф. УИ, к.ф.-м.н.*

УДК 658.511

#### **АНАЛИЗ ПРОЦЕССА «ПРОВЕРКА И ПРИЕМ ОТЧЕТА ИСПОЛНИТЕЛЯ» С ПОМОЩЬЮ МЕТОДИКИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

*К.С. Ахмерова, студентка каф. УИ*

*Научный руководитель М.Н. Янушевская, доцент каф. УИ  
г. Томск, ТУСУР, kr.akhmerova@mail.ru*

Приводится описание анализа процесса «Проверка и прием отчета Исполнителя». Предложены варианты улучшения процесса и прогнозируемые результаты.

**Ключевые слова:** анализ процесса, имитационное моделирование, методика, программный продукт.

Имитационное моделирование – это разновидность моделирования бизнес-процессов (БП), которая реализуется с помощью набора различных инструментальных средств, позволяющих провести целенаправленное исследование сложного процесса [1].

Иными словами, используя имитационное моделирование, у организаций есть возможность проведения улучшений в БП благодаря специализированному программному обеспечению. Так как в имитационном моделировании используется инструментарий, который просчитывает все риски и указывает на «узкие» места в бизнес-процессах, то данная методика позволяет избежать потери таких ресурсов, как время, финансы, кадры и т.д.

Суть методики в том, что при построении модели процесса «Как есть» программа проводит анализ и демонстрирует проблемные места.

Рассматривается анализ БП «Проверка и прием отчета исполнителя» методикой имитационного моделирования на базе организации, предоставляющей инжиниринговые услуги. Построение модели процесса осуществлялось в бесплатной программе BP Simulator. Полученная модель процесса продемонстрирована на рис. 1.

- Для проведения анализа использовались следующие данные:
- график работы с 9:00 до 18:00 (перерыв с 13:00 до 14:00);
  - условное количество отправленных Исполнителем отчетов – 17 экземпляров со случайным распределением;
  - исходя из личного опыта, был указан временной интервал верификации документов: от 35 до 80 мин, в зависимости от сложности отчетной документации и технического задания;
  - процент корректно составленных отчетов составляет 20%, ошибочных – 80%.

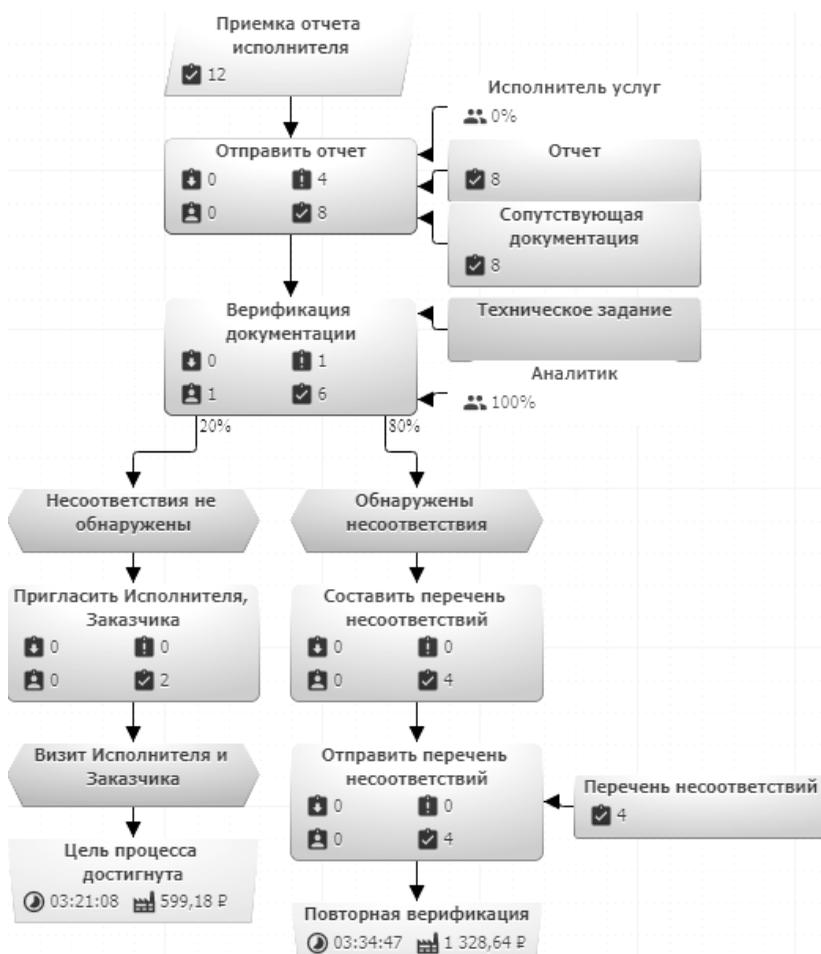


Рис. 1. Модель процесса «Проверка и прием отчета Исполнителя»

На рис. 1 за один рабочий день проверялись только 6 из 17 отчетов. В свою очередь, на рис. 2, уже с присутствием второго аналитика, за день было проверено 16 отчетов.

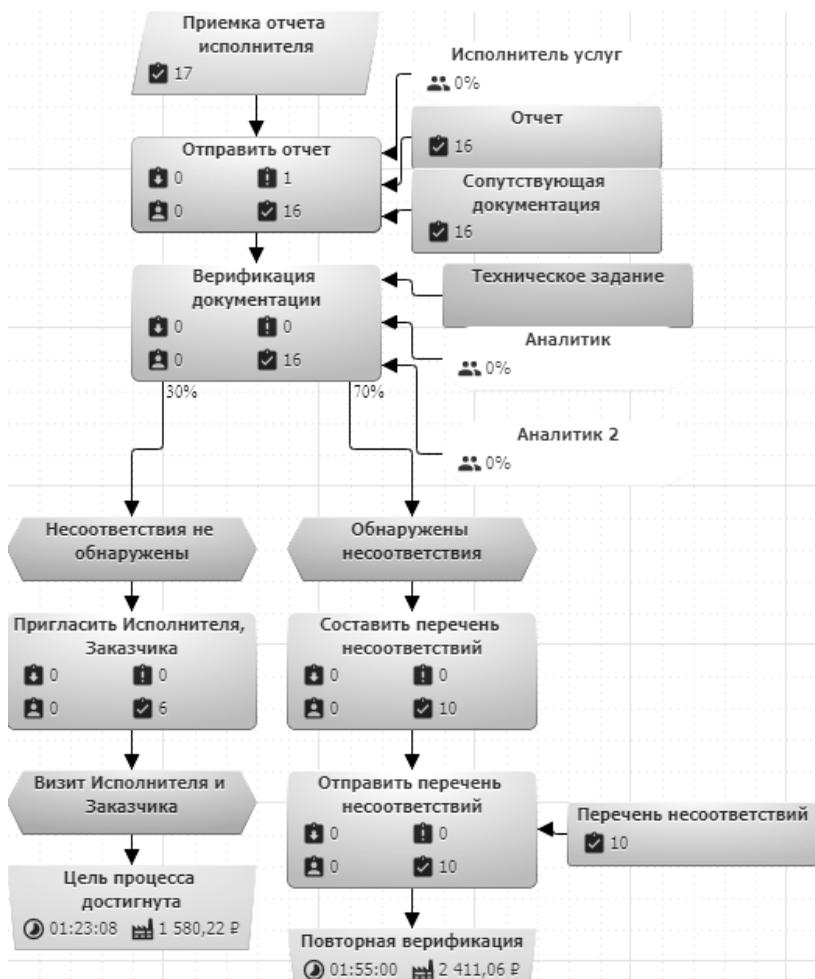


Рис. 2. Модернизированная модель «Проверка и прием отчета Исполнителя»

Исходя из модели, показанной на рис. 1, можно увидеть, что программа выделила «проблемное» место – верификация документов. Действительно, в связи с тем, что данная операция является затратной по времени и выполняет ее только один сотрудник, то операцию мож-

но считать узким местом. Стоит отметить, что аналитик имеет и другие должностные обязанности, помимо приемки отчетов Исполнителей. Однако в модели показан «идеальный» вариант, где весь рабочий день аналитика посвящен только верификации. Также в связи с большим процентом некорректной отчетной документации процедуру приходится проводить повторно для перепроверки прошлых отчетностей. Поэтому, чтобы увеличить скорость выполнения процесса, можно предпринять следующие действия:

- перераспределить объем работы между двумя-тремя сотрудниками;
- взять в штат еще одного сотрудника;
- разработать инструкцию по проверке и приему отчетов.

Также в связи с большим процентом некорректно составленных отчетов можно сделать вывод, что необходимы регламентирующие документы, которые позволили бы делать Исполнителям отчеты по единому образцу. Таким образом, было бы меньше отчетов с нечитаемым шрифтом, формулами, изображениями и т.д. Предполагая, что от этого процент корректной отчетной документации возрастет хотя бы на 10%, трудозатраты на перепроверку станут значительно меньше. Модель с измененным процентным содержанием корректных документов изображена на рис. 2.

Таким образом, под конец рабочего дня двумя аналитиками было проверено 16 отчетов, 6 из которых были корректны и приняты. Благодаря использованию имитационного моделирования, можно экспериментировать с моделями процессов, проводить модернизацию и прогнозирование, что позволяет вводить изменения без больших рисков для организации. Предложения по модернизации процесса «Проверка и прием отчета Исполнителя» были переданы руководству компании для принятия управленческих решений.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Кабаева И.И. Имитационное моделирование // International scientific review. – 2016. – № 13. – С. 19–20.

**ПОДБОР ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ  
ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММЫ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ  
КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ИННОВАЦИЙ»**

*Т.Н. Мосунова, В.А. Акулякова, Д.Е. Алексеева, студенты каф. УИ  
Научный руководитель В.А. Семиглазов, доцент каф. УИ  
г. Томск, ТУСУР, mosunova2013@mail.ru  
Проект ГПО УИ-2103 «Разработка программ ДПО  
по профилю кафедры»*

Рассматривается возрастающий интерес к деятельности по оценке конкурентоспособности инноваций и обучению ей посредством программ ДПО, а также подбор профессиональных стандартов, подходящих для создания программы «Количественные методы оценки конкурентоспособности инноваций».

**Ключевые слова:** профессиональный стандарт, трудовая функция, оценка конкурентоспособности инноваций.

В настоящее время активно развивается рынок инноваций, происходит стремительный научно-технический прогресс (НТП). Учитывая широкий спектр применения новых разработок, компании нуждаются в специалистах высокого уровня. Прогресс в деятельности организации, использование инновационных приспособлений и решений требуют принятия в штат специалиста, способного проводить количественную оценку конкурентоспособности инноваций.

Специалист в области оценки конкурентоспособности инноваций обеспечивает увеличение конкурентоспособности производства, которое, в свою очередь, повышает емкость рынка и спрос на продукцию. Помимо этого, за счет необходимости роста уровня заработной платы и ужесточения конкуренции между компаниями умножаются требования управления качеством продукции.

Каждый современный человек осознает важность актуализации образования для реализации собственных амбиций и повышения эффективности компании, в которой он работает. Для возможности углубления знаний и их обновления созданы различные программы дополнительного профессионального образования (ДПО).

Как известно, для оптимальной работоспособности предприятия необходимо использовать всевозможные инновации с целью уменьшения удельных затрат на продукцию компании. Однако любой инновационный продукт рентабелен в течение нескольких лет, вследствие чего специалисту в скором времени требуется оценить и спро-

гнозировать необходимость развития нововведения на рынок. В качестве решения можно использовать программу ДПО «Количественные методы оценки конкурентоспособности инноваций», которая поможет получить дополнительное образование в сжатые сроки с минимальными финансовыми потерями.

С каждым годом совершенствуются способы образовательного процесса. Существуют различные подходы к созданию образовательных программ, в том числе метод «обратного дизайна». Данный формат подходит для создания программы ДПО «Количественные методы оценки конкурентоспособности инноваций», поскольку позволяет сосредоточить и организовать учебный материал в зависимости от цели программы.

Обратный дизайн – метод проектирования образовательного учебного плана, где устанавливают цели прежде, чем выбирать учебные методы, т.е. главным критерием является не содержание, а планируемый результат обучения [1].

Как правило, он включает в себя три стадии:

1. Определение желаемых результатов, следует задать наводящий вопрос: «Что должны знать, понимать и уметь делать обучающиеся?».

2. Определение достигнутого результата обучения, вопрос: «Что будет являться доказательством достижения желаемых результатов?».

3. Планирование, в котором обоснованы содержание, технологии, средства обучения.

В качестве результатов для первой стадии выступают трудовые функции специалиста, навыки, которыми он должен обладать после освоения программы ДПО. Для их определения необходимо ознакомиться с тематикой новой программы и сопоставить функции нового специалиста с трудовыми функциями уже имеющихся на рынке смежных специалистов, обозначенными в профессиональных стандартах.

Подбор подходящих трудовых функций осуществляется в несколько этапов:

– отбор по тематике деятельности и названию (производится широко, с возможностью последующего отсеивания профессиональных стандартов, трудовые функции которых окажутся неподходящими);

– отбор по обобщенным трудовым функциям (позволяет сузить круг обозначенных профессиональных стандартов);

– отбор по трудовым функциям.

Отобранные профессиональные стандарты и трудовые функции становятся основой для формирования результатов обучения специалиста.

Таким образом, для программы «Количественные методы оценки конкурентоспособности инноваций» на портале федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования были отобраны несколько профессиональных стандартов [2].

#### **Отобранные профессиональные стандарты**

Название профессионального стандарта	Уровень обще-трудовой функции	Общетрудовые функции
40.062. Специалист по качеству продукции	6	Осуществление работ по управлению качеством эксплуатации продукции
		Осуществление работ по управлению качеством процессов производства продукции и оказания услуг
		Осуществление работ по управлению качеством проектирования продукции и услуг
	7	Организация проведения работ по управлению качеством эксплуатации продукции
06.012. Менеджер продуктов в области информационных технологий	6	Управление серийной продукцией и группой их менеджеров
	7	Управление портфелем продуктов и подразделением управления продуктами
8.037. Бизнес-аналитик	5	Выявление бизнес-проблем или бизнес-возможностей
	6	Обоснование решений
	7	Управление бизнес-анализом
08.035. Маркетолог	6	Технология проведения маркетингового исследования с использованием инструментов комплекса маркетинга
	7	Разработка и реализация маркетинговых программ с использованием инструментов комплекса маркетинга
	8	Управление маркетинговой деятельностью организации

Так как качество инноваций напрямую влияет на конкурентоспособность, необходимы специалисты, контролирующие его, следовательно, первый профессиональный стандарт таблицы является подходящим. Специалист по качеству знает требования к продукции, способен анализировать причины, вызывающие снижение качества продукции, и контролировать производство.

Чтобы грамотно оценить конкурентоспособность инновации, специалист также должен уметь управлять патентами на технологии,

знать основы продвижения на рынке, управлять портфелем продуктов и исследованием новых рынков. Создание, развитие и продажа продукта – серьезный кропотливый труд, справиться с которым может лишь специалист, умеющий рентабельно презентовать продукцию, а также находить общий язык с клиентом. Такие функции специалист по оценке конкурентоспособности инноваций должен перенять от менеджера продуктов.

Для продвижения и эффективности своей продукции необходимо выявить потребности заказчика, понять проблему и найти оптимальное ее решение для дальнейших разработок при создании продукта, а также правильно определить бизнес-проблемы и бизнес-возможности инновации. Этот функционал бизнес-аналитика также нужен новому специалисту.

Маркетинговые исследования – это инструмент для анализа рынка, прогноза уровня продаж и подбора лучших средств для успешного внедрения. Специалист по оценке конкурентоспособности обязан владеть данным инструментом, чтобы определять сильные и слабые стороны инновации, а также понимать запросы потребителей [3].

Таким образом, в условиях постоянно развивающегося рынка необходим специалист, способный оценивать конкурентоспособность инноваций, и для реализации обучения по данному направлению может использоваться программа ДПО, созданная методом обратного дизайна. В качестве результата обучения могут выступать компетенции и навыки, необходимые для осуществления трудовых функций бизнес-аналитика, маркетолога, специалиста по качеству продукции и менеджера продуктов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Краткая модель обратного дизайна [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.coursera.org/lecture/howtomooc/liektsiia-kratkaia-modiel-obratnogho-dizaina-PVeEf> (дата обращения: 06.03.2020).
2. Профессиональные стандарты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fgosvo.ru/docs/101/69/2> (дата обращения: 06.03.2020).
3. Что такое маркетинговое исследование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.unisender.com/ru/support/about/glossary/shto-takoe-marketing-research/> (дата обращения: 06.03.2020).

## ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

*Я.И. Антоненко, каф. УИ*

*Научный руководитель М.Е. Антипин, доцент каф. УИ, к.ф.-м.н.  
г. Томск, ТУСУР, antonenkoiana@yandex.ru*

*Проект ГПО УИ-2004 «Самонастраивающийся автономный  
комплекс дистанционного мониторинга территории»*

Отражена значимость систем технического зрения для внедрения робототехнических систем. Рассмотрено понятие машинного зрения, арифметики изображений. Представлен новый алгоритм распознавания изображения, включающий в себя несколько этапов, а также распознавание его на базе библиотек компьютерного зрения OpenCV.

**Ключевые слова:** система технического зрения (СТЗ), машинное зрение.

На данный момент времени системы машинного зрения очень востребованы в различных областях науки и техники, а также используются для определения местонахождения, распознавания людей, лиц и различных предметов на кадре. Машинное зрение позволяет компьютерам идентифицировать предметы с точностью, которую можно сравнить с возможностями человеческого глаза, или, в некоторых случаях, превшая их, и при этом с гораздо более высокой скоростью и эффективностью. На основе технического зрения можно создавать различные приложения, например, для обнаружения дефектов производственного процесса или же для идентификации лиц на охраняемой территории.

Если говорить обобщенно, СТЗ предполагают захват поступающих с прибора изображений, а также выполнение дальнейших действий на основе полученных данных.

Обработка изображений для дальнейшего принятия решений с целью управления робототехническим комплексом для СТЗ носит фундаментальный характер.

Для реализации алгоритма будет использоваться библиотека OpenCV. OpenCV – это библиотека с открытым кодом, поддерживающая множество платформ, включая Windows, MacOS и Linux. Также эта библиотека существует и для многих языков программирования. Но наиболее часто она используется для написания приложений машинного обучения на языке Python, особенно в сфере компьютерного зрения. Выделить тот или иной предмет можно по различным его признакам, например: цвет, форма [1].

Для того чтобы пересылаемые в облако изображения занимали минимальное количество памяти, была использована арифметика изображения, если быть точнее, конвертация изображения в нужный нам формат, вычитание изображений, кадрирование, а также преобразование изображения в черно-белый формат. Арифметика изображений, представленных в системе, представляет собой сложение, вычитание, умножение, деление, возведение в степень изображений. Она имеет множество практических применений, например смешение двух изображений или же нанесение водяного знака.

Для проведения данного алгоритма действий по распознаванию объектов в кадре была составлена блок-схема. Она представлена на рис. 1.



Рис. 1. Блок-схема алгоритма действий по обработке и отправке изображения

Данные операции выполняются для того, чтобы изображение имело небольшой вес, что напрямую сказывается на скорости отправки изображения в облако.

Пример обработки изображения представлен на рис. 2.

Таким образом, представлен новый алгоритм распознавания изображения, который включает в себя несколько этапов: конвертация изображения в нужный формат, вычитание, преобразование изображения в черно-белый формат, кадрирование, а также распознавание его на базе библиотек компьютерного зрения OpenCV.



Рис. 2. Пример обработки изображения

Полученные данные можно успешно использовать в различных областях, например, в сфере управления техническими системами, в сфере дистанционного мониторинга территории, а также при проверке качества изготавливаемой продукции на производстве.

Распознавание объектов позволяет успешно внедрять различные робототехнические комплексы, использующие СТЗ. Именно это дает возможность расширения сферы использования машинного зрения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Введение в OpenCV [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pythonist-ru.turbopages.org/pythonist.ru/s/vvedenie-v-opencv-biblioteku-kompyuternogo-zreniya-na-python/> (дата обращения: 27.02.2021).

УДК 658.562.64

### АНАЛИЗ ЗАТРАТ НА КАЧЕСТВО ГАРАНТИЙНОГО РЕМОНТА В ОРГАНИЗАЦИИ

*Л.В. Ермишина, студентка*

*Научный руководитель И.А. Лариошина, доцент каф. УИ, к.т.н.  
г. Томск, ТУСУР, luda36@list.ru*

Изложены основные причины для анализа затрат на качество в организации, виды дефектов и их причины возникновения, подразделения, ответственные за определённый вид, а также рекомендации по улучшению процесса анализа.

**Ключевые слова:** затраты на качество, организация, заказчик, гарантийный ремонт.

В XXI в. наивысшее внимание акцентируется на качество и затраты всего цикла изготовления оборудования. Затраты контролируются экономикой и анализом со стороны высшего руководства организации [1].

В организациях, занимающихся разработкой и сервисом, затраты на удовлетворение запросов потребителей в области качества оцениваются в значительном денежном эквиваленте, которые не снижают величину прибыли, поэтому обязаны быть выявлены, обработаны и представлены высшему руководству для анализа и принятия корректирующих мер по усовершенствованию процессов цикла выпуска и долговечности эксплуатации [2].

В период с 2019 по 2020 г. в организации проанализированы, оценены возможности и был разработан план организационно-технических мероприятий по внедрению стандарта заказчика. По плану корректирующих действий по устранению несоответствий, выявленных заказчиком, при проведении инспекционного контроля производства в марте 2020 г. введены изменения в регламентирующие документы организации на соответствие требования заказчика. Для получения сертификата соответствия на право предоставления услуг заказчику организации необходимо выполнить требования, установленные в СТО 9001–2018 «СМК. Требования заказчика» [3]. В январе 2021 года проведена инспекционная проверка сертификационным органом от заказчика. Одним из параметров оценки СМК организации является необходимость отслеживания затрат на качество, данное требование представлено в стандарте заказчика в п. 9.3.2.2 «Требования к входным данным анализа», прописана необходимость учёта, анализа и оценки затрат на качество в динамике в отчётных периодах.

Необходимо было приступить к новому проекту анализа затрат на качество. Важной результативностью проекта является возможность сбора и систематизации статистических данных по затратам на качество гарантийного ремонта за последние три года.

Предметом исследования выступают затраты на качество. Объектом исследования является организация.

Каждое подразделение отвечает за определённый вид дефекта, информация представлена в таблице.

По выявленным комиссией видам и причинам возникновения дефекта принимается решение, в какое конкретное подразделение отправляется изделие на ремонт.

По основным итогам гарантийного ремонта была построена гистограмма, представленная на рис. 1.

Выявлено, что в 2019 г. на гарантийный ремонт от общей суммы за 3 года было затрачено 60%; 28% – за 2018 г. и 12% – за 2020 г.

На основании проведённого анализа данных по затратам на дефект изделий, выпускаемых организацией, и изученной внутренней регламентирующей документации СМК в качестве мероприятий по улучшению были сформированы следующие предложения:

- анализировать затраты на качество на постоянной основе;
- назначить ответственных за проведение такого анализа;
- отслеживать выполнение корректирующих действий по выявленным затратам на качество за предшествующий год.

#### Классификация дефектов в изделиях, выпускаемых организацией

Вид дефекта	Причина возникновения дефекта	Подразделение
Программный	Некорректная работа запрограммированных модулей	Отдел программного обеспечения
Дефект покупных изделий / материалов	Брак от поставщика	Отдел материально-технического обеспечения. Поставщик
Производственный	Нарушения технологического процесса при изготовлении деталей	Департамент выпуска продукции
Технологический	Несоблюдение требований технологической документации	Производственный участок, на котором была нарушена технология
Конструктивный	Несоблюдение требований конструкторской документации	Производственный участок, на котором была нарушено конструирование

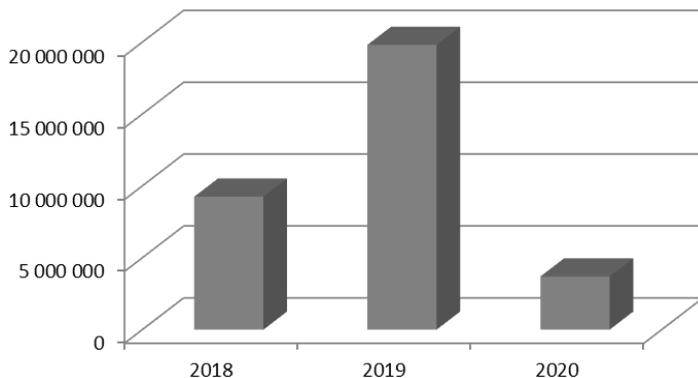


Рис. 1. Затраты на гарантийный ремонт продукции за 2018–2020 гг.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мойзес Б.Б. Статистические методы контроля качества и обработка экспериментальных данных: учеб. пособие / Б.Б. Мойзес, И.В. Плотникова, Л.А. Редько. – Томск: НИ ТПУ, 2016. – С. 78–96.
2. Поляков Н.А. Управление инновационными проектами: учебник и практикум для академического бакалавриата / Н.А. Поляков, О.В. Мотовилов, Н.В. Лукашов. – М.: Юрайт, 2017. – С. 54–75.
3. СТО 9001–2018 «СМК. Требования заказчика». – Томск, 2018. – С. 13–14.

## РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ УНИВЕРСИТЕТСКОЙ СТОЛОВОЙ

*Е.И. Косенко, магистрант каф. АОИ*

*Научный руководитель В.Ю. Цибульникова, доцент. каф. АОИ, к.э.н.  
г. Томск, ТУСУР, yhgekaterinka-2013@mail.ru*

Предложена идея оптимизации работы университетской столовой путем создания электронной очереди при обслуживании клиентов.

**Ключевые слова:** мобильное приложение, университетская столовая, электронная очередь.

Длительное ожидание в очереди в университетскую столовую во время обеденного перерыва – известная проблема как для преподавателей, так и для студентов. Получается, что клиенты столовой тратят больше времени на ожидание в очереди, чем на прием пищи или отдых [1]. Из-за этого зачастую приходится брать еду с собой из дома либо бежать в ближайшее кафе или пиццерию. Сотрудники столовой в часы пик тоже сталкиваются с рядом проблем, таких как огромная нагрузка в виде большого потока людей, риски совершить ошибку в расчетах или обслуживании из-за спешки [2].

Таким образом, была сформулирована гипотеза: если разработать мобильное приложение для оптимизации работы университетской столовой путем создания электронной очереди клиентов, то его использование поможет решить проблему длительного ожидания в очереди со стороны клиента и проблему повышенной нагрузки на сотрудников столовой в часы пик.

Можно предположить, что если гипотеза верна, то решение данных проблем приведет к:

- повышению конкурентоспособности столовой;
- привлечению новых клиентов из числа студентов и сотрудников университета;
- облегчению процесса обслуживания покупателей и повышению его качества.

Стоит отметить, что предлагаемая идея достаточно уникальна для университетской сферы, так как аналогов не было найдено.

Цель проекта – оптимизировать работу университетской столовой, повысить ее конкурентоспособность и качество обслуживания, сократить временные затраты на ожидание заказов, а также создать условия для соблюдения социальной дистанции в условиях пандемии (путем устранения очереди).

Задачи:

- изучить предметную область;
- провести опрос среди студентов и преподавателей ТУСУРа для выявления актуальности и значимости данной проблемы;
- разработать приложение для оформления и оплаты заказа онлайн;
- организовать работу окна выдачи заказов (добавить возможность оплаты при получении наличными/по карте);
- разработать систему для сотрудников столовой (управление меню, учет количества блюд и порций, получение заказов и управление ими);
- установить терминалы, разработать к ним ПО для оформления и оплаты заказов в столовой.

Изучение предметной области включает в себя анализ публикаций по данной тематике в интернет-источниках, а также беседу в формате интервью с управляющими столовых, расположенных в корпусах ТУСУРа. Из-за введенных карантинных мер доступ в корпуса ограничен, поэтому удалось пообщаться с представителями только двух столовых, расположенных в корпусах УЛК и ФЭТ.

Проанализировав итоги проведенных интервью, можно сделать вывод о том, что сотрудники столовых подтвердили актуальность выявленных проблем. Кроме того, они положительно отнеслись к возможности использования мобильного приложения для оптимизации работы столовой путем создания электронной очереди клиентов. Автоматизированное обслуживание повышает степень удовлетворенности клиентов, так как позволяет существенно ускорить предоставление услуг.

Таким образом, выдвинутая гипотеза получила частичное подтверждение.

Далее среди сотрудников и студентов ТУСУРа был проведен опрос «Культура питания в университетских столовых». Были заданы следующие вопросы:

1. К какой возрастной категории вы относитесь?
2. Как часто Вы посещаете университетские столовые?
3. Какую сумму Вы обычно тратите в университетской столовой?
4. Вызывает ли у Вас неудобство ожидание в очереди?
5. Готовы ли Вы использовать мобильное приложение для оформления заказа в университетской столовой?

В опросе приняло участие более 150 человек (рис. 1, таблица).

Только треть опрошенных не посещает столовые, а большая часть клиентов ходит в столовую раз в день. При этом в среднем они тратят не более 500 руб.

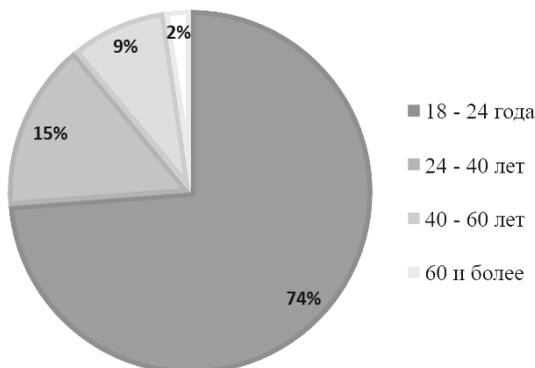


Рис. 1. Процентное соотношение возрастных категорий респондентов

#### Ответы на вопросы 4, 5

Вопросы	Ответы				Затрудняюсь ответить
	Да	Нет	Да	Нет	
Вызывает ли у Вас неудобство ожидание в очереди?	Да	Нет	Да	Нет	10
Готовы ли Вы использовать мобильное приложение?	Да	Нет	Нет	Да	
Количество респондентов, %	58	11	5	16	

Таким образом, опрос подтвердил актуальность предложенной идеи, так как 74% респондентов на вопрос о том, будут ли они пользоваться подобным мобильным приложением, ответили положительно. При этом среди них есть и те, кто обычно не посещает столовую, но готов это делать, используя приложение.

Прежде чем приступить к разработке самого приложения, необходимо выполнить подготовительный этап – описать его основные функциональные возможности и создать прототип [3].

Мобильное приложение предоставляет возможность просматривать информацию о наличии и стоимости блюд в текущем меню, оформлять и оплачивать заказ, а также отслеживать статус его готовности.

На данном этапе работы над проектом были выполнены следующие задачи:

- изучена предметная область;
- проведен опрос среди студентов и преподавателей ТУСУРа для выявления актуальности и значимости данной проблемы;
- описаны основные функциональные возможности и создан прототип приложения.

На следующем этапе необходимо:

- разработать приложения для оформления и оплаты заказа онлайн;
- организовать работу окна выдачи заказов (добавить возможность оплаты при получении наличными/по карте);
- разработать систему для сотрудников столовой (управление меню, учет количества блюд и порций, получение заказов и управление ими);
- установить терминалы, разработать к ним ПО для оформления и оплаты заказов в столовой.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Создаем эффективную столовую. Как избежать системных проблем и соответствовать требованиям времени [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://suharevka.ru/tips/sozdaem-effektivnyuyu-stolovuyu-kak-izbezhat-sistemnyh-problem-i-sootvetstvovat-trebovaniyam> (дата обращения: 12.02.2021).
2. Кейс: зачем автоматизировать столовую [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rb.ru/opinion/automatic-safe/> (дата обращения: 15.02.2021).
3. Проектирование интерфейса мобильного приложения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://madbrains.ru/services/analytics/prototype> (дата обращения: 20.02.2021).

УДК 004.428.2

### СРАВНЕНИЕ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ МЕТОДОВ МАТРИЧНЫХ ПРОИЗВЕДЕНИЙ В ЯЗЫКЕ PYTHON

*Д.Н. Кудрявцев, аспирант каф. УИ*

*Научный руководитель А.И. Солдатов, проф. каф. УИ, д.т.н.*

*г. Томск, ТУСУР, [aleksei.i.soldatov@tusur.ru](mailto:aleksei.i.soldatov@tusur.ru)*

Сравнивается время, необходимое для скалярного произведения векторов в языке Python.

**Ключевые слова:** Python, NumPy, PyTorch, произведение матриц, время, тест.

Обработка данных – одна из главных задач специалиста по анализу данных. Чем быстрее и проще происходит обработка данных, тем меньше ресурсов на исследование и разработку будет затрачено. На данный момент существует большое количество языков программирования и инструментов, позволяющих так или иначе обрабатывать данные, в данной статье будет рассмотрен Python и его самые распространенные инструменты для работы с массивами данных – библиотека NumPy и фреймворк PyTorch. Python – это один из самых популярных высокоуровневых языков программирования. Относительная

простота и широкая поддержка сообщества сделало его таким. Именно по представленным выше причинам был выбран этот язык программирования.

На данный момент Python может обрабатывать массивы данных различными способами. Самые распространенные варианты будут представлены ниже. Так называемый Native – способ, в котором используются стандартные инструменты Python. NumPy – библиотека, созданная специально для работы с многомерными массивами данных, написанная на языке C [1]. PyTorch – фреймворк машинного обучения для языка Python с открытым исходным кодом, созданная на базе Torch. Используется для решения различных задач: компьютерное зрение, обработка естественного языка [2].

Чаще всего при обработке больших объемов данных используются векторы и матрицы, в связи с чем становится популярно скалярное произведение матриц.

Если первый вектор или матрица представлены рядом  $\mathbf{a} = \{a_1, a_2, a_3 \dots a_n\}$ , а второй вектор рядом  $\mathbf{b} = \{b_1, b_2, b_3 \dots b_n\}$ , то скалярное произведение можно вычислить по формуле [3]

$$\mathbf{ab} = a_1b_1 + a_2b_2 + a_3b_3 + \dots + a_nb_n.$$

Для поиска оптимального способа, выполняющего скалярное произведение в Python, был разработан и написан программный алгоритм. Он состоит из нескольких функций: создание векторов различной длины, вычисление результата различными способами, вывод информации. Первоначально создаются массивы различной длины, значения которых заполняются произвольно, а именно массивы длиной: 0, 1, 10, 100, 1 000, 10 000, 100 000, 1 000 000, 10 000 000. Затем находится скалярное произведение векторов тремя представленными ранее способами. С помощью декоратора и библиотеки time [4] подсчитывается время выполнения операций для всех созданных векторов. Для уменьшения статистической погрешности измерения проводились десять раз для каждого из способов.

На графиках рис. 1 представлены результаты, по оси абсцисс указывается длина векторов, по оси ординат – время выполнения в логарифмическом масштабе.

Логарифмический масштаб был использован вследствие того, что время выполнения скалярного произведения с помощью способа Naïve существенно отличается от времени выполнения другими способами. В таблице представлены результаты времени вычисления векторов длиной 1, 100 000, 10 000 000.

Как видно на графиках, самый удачный способ скалярного произведения в Python может быть осуществлен с применением библио-

теки NumPy. Для более наглядного сравнения NumPy и Torch можно обратиться к графику рис. 2.

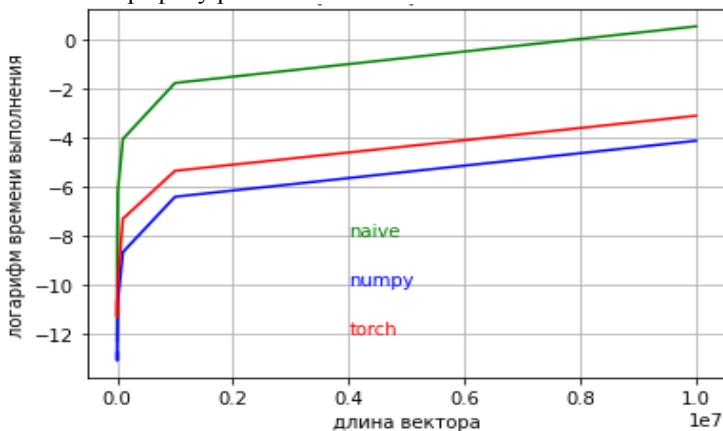


Рис. 1. Время выполнения скалярного произведения в логарифмическом масштабе

#### Время выполнения скалярного произведения

Способы/длины массивов	1	100 000	10 000 000
Naive	4,697e-06	1,764e-02	1,75
Numpy	2,861e-06	1,725e-04	1,635e-02
PyTorch	2,291e-05	6,758e-04	4,542e-02

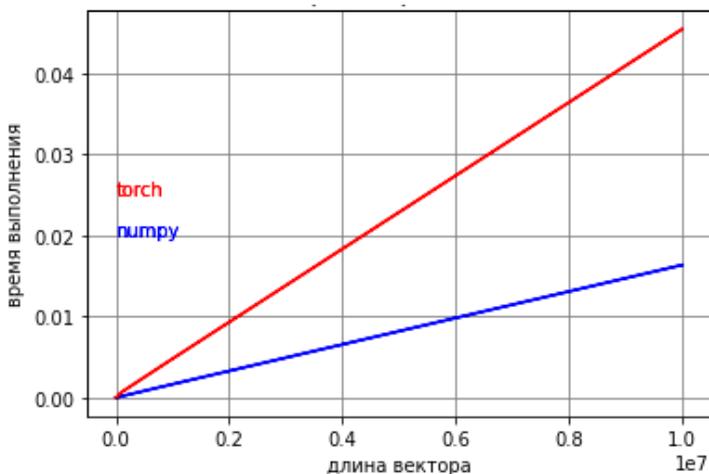


Рис. 2. Время выполнения скалярного произведения

Как видно из графика, при увеличении длин векторов до 10 миллионов, что соответственно увеличивает сложность расчёта, numpy выигрывает у torch в показателях времени выполнения более чем в три раза. Вследствие этого можно сделать вывод: при выполнении многократных вычислений скалярного произведения, в особенности длинных векторов или многомерных матриц (более десяти тысяч членов), наиболее быстрый способ вычисления осуществляется с помощью библиотеки Numpy и её инструмента «dot».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. NumPy community. NumPy User Guide Release 1.20.0 January 31, 2021. – 486 с.
2. PyTorch. An open source machine learning framework that accelerates the path from research prototyping to production deployment [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://pytorch.org/> свободный (дата обращения: 14.02.2021).
3. Литова Г.Г., Ханукаева Д.Ю. Основы векторной алгебры: учебно-метод. пособие для самост. работы студентов. – М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2009. – 90 с.
4. Ефремова Т.Ф. Новый словарь русского языка. Толково-словообразовательный. – М.: Русский язык, 2000. – 120 с.
5. Swaroop С.Н. A Byte of Python (Russian). Версия 2.02. от 26 апреля 2020 / Пер. В. Смоляр. – 164 с.

УДК 681.5

#### АНАЛИЗ РЫНКОВ НА ЭТАПАХ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ

*П.А. Мелешенко, А.А. Кононенко, студенты каф. УИ  
Научный руководитель О.В. Килина, ст. преп. каф. УИ  
г. Томск, ТУСУР, o.v.kilina@mail.com*

Проанализированы этапы развития систем жизнеобеспечения растений, рассмотрен рынок с точки зрения выявления потенциальных клиентов продукта.

**Ключевые слова:** автоматизация, динамика рынка, целевая доля рынка, этапы производства.

**Анализ потребностей клиентов.** Наглядное представление теоретических знаний на практике – основа образовательной деятельности. Поэтому одними из потенциальных клиентов доступного лабораторного оборудования для создания идеальных условий роста растений являются университеты, имеющие биологические кафедры, школы, кружки с биологическим уклоном и различные лаборатории. У таких клиентов есть потребность в приобретении качественного, мно-

гофункционального научно-исследовательского оборудования в образовательных целях для проведения исследований и экспериментов. При выборе оборудования главным критерием для них служит соотношение цены, качества и возможностей устройства. Данная потребность является актуальной и на международном рынке, что подтверждается товарооборотом и существованием зарубежных аналогов устройства [1].

Потенциальными клиентами малых и средних по габаритам приборов для бытового использования являются частные лица, в пользовании которых находятся традиционные теплицы и домашние растения. Так как самостоятельный уход за растениями весьма сложен, требует сноровки и времени, то постоянно создаются новые устройства для облегчения этого процесса: так появились автоматические разбрызгиватели воды, которые заменили лейки. Наши устройства направлены на максимально доступную автоматизацию процесса ухода за растениями.

После заключительного этапа разработки оборудования мы планируем предоставлять услуги по частичной или полной автоматизации уже существующих промышленных комплексов по выращиванию растений для пищевой промышленности и сельского хозяйства. В этом случае нашими потенциальными клиентами будут являться физические лица, имеющие в собственности промышленные тепличные комплексы. Для них актуален вопрос автоматизации, увеличения количества, качества выпускаемой продукции и уменьшения затрат на производство.

**Решение проблемы и инновационность подхода.** На первом этапе планируется создание лабораторного оборудования, которое будет иметь приемлемую стоимость и превосходить по характеристикам продукцию конкурентов среднего сегмента. Добавление новых систем по контролю окружающей среды, а именно систем по поддержанию давления, по созданию необходимого спектра света, его дальнейшему контролю и по созданию искусственной атмосферы различного состава в рабочей камере, увеличит спектр возможных проводимых исследований и экспериментов [2]. Отличительной чертой разрабатываемой установки является система посадки и оценивания состояния растения. Принцип ее работы заключается в следующем: плоскостной манипулятор имеет сменные насадки, которые позволяют осуществлять уход за ранней стадией роста растения, а именно: разрыхление почвы, посадка, полив. Манипулятор предполагается оснастить многоспектральной камерой, которая позволит выявлять и предотвращать заболевания на ранних стадиях, а также отслеживать

состояние растения. Таким образом, пользователь может создавать практически любые климатические условия, близкие к другим планетам, например климат, близкий к Марсу, за счет использования системы манипуляторов: появляется возможность выдерживать семена растений в созданном пользователем климате и после завершения инкубационного периода производить посадку без вмешательства человека.

На втором этапе работы предполагается производство оборудования для автоматизации готовых тепличных установок в ценовом диапазоне, доступном для среднего сегмента жителей России. Приборы будут оснащены минимальной комплектацией в виде двух систем для поддержания роста растений – по контролю влажности почвы и освещения. Такие системы значительно упрощают процесс выращивания растений и дают возможность использовать теплицы летнего типа в холодное время года. Также на этом этапе будет налажено производство персональных устройств «Умные горшки» для полива и освещения домашних растений.

Эти два этапа будут реализоваться по принципу большого объёма продаж с наценкой около 15% на себестоимость товара, за счет чего будет достигнута доступность товара. У большинства существующих решений на данный момент годовые продажи составляют в среднем около 10–14 штук, что сказывается на цене продукта. Это главное отличие от большинства конкурентов, существующих на первом и втором этапе.

На третьем этапе планируется предоставлять услуги по полной или частичной автоматизации промышленных комплексов с внедрением современных технологий. В зависимости от вида растений заказчик подбираются и объединяются в одну системы по поддержанию климатической среды, а именно поддержание влажности почвы, посадки и сбора урожая с помощью манипуляторов, создание и поддержание обогащенной CO<sub>2</sub> атмосферы, поддержание влажности воздуха, поддержание температуры воздуха и почвы, также создание вертикальных теплиц с применением гидропониках установок. При внедрении четырёх систем (контроль света, температуры, влажности почвы и посадка растений) можно сократить штат работников, связанных непосредственно с растениями, до 80% и значительно увеличить качество выпускаемой продукции (плодов).

Опыт многих стран свидетельствует о растущей составляющей в их урожае тепличной продукции. В текущее время доля продукции российских теплиц, приходящаяся на среднестатистического жителя, составляет лишь 4 кг. Остальные 9 кг – это голландская клубника,

израильская зелень, иранские огурцы, турецкие томаты. Перед АПК ставится задача – полностью обеспечить население России тепличными овощами отечественного производства [3].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Обзор рынка сельского хозяйства / Л. Накорякова, Д. Касаткин, Ю. Афанасьева. – М.: ДелоИТ, 2018. – С. 14–18.

2. Комплексная автоматизация – основа эффективного управления в АПК [Электронный ресурс]. – URL: <https://agbz.ru/articles/kompleksnaya-avtomatizatsiya---osnova-effektivnogo-upravleniya-v-apk/>

3. Автоматизация технологических процессов в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. – URL: <https://sibac.info/studconf/tech/lxviii/115141>

УДК 377.018.48

### ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ МЕТОДА ОБРАТНОГО ДИЗАЙНА КАК ПЕРСПЕКТИВНОГО ПОДХОДА К РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММ ДПО

*Т.Н. Мосунова, студентка каф. УИ*

*Научный руководитель В.А. Семиглазов, доцент каф. УИ  
г. Томск, ТУСУР, mosunova2013@mail.ru*

*Проект ГПО УИ-2103 «Разработка программ ДПО  
по профилю кафедры»*

Рассматривается метод обратного дизайна и его применение в разработке программ ДПО. Метод обратного дизайна – это метод, который предполагает первоначальную постановку цели и определение конечного результата, далее разработку оценочных мероприятий и после разработку наполнения программы контентом. Рассматриваются плюсы и минусы такого метода, а также особенности и специфика. В статье показано, почему метод обратного дизайна является перспективным для разработки программ ДПО различной продолжительности.

**Ключевые слова:** программы ДПО, обратный дизайн, backward design.

В настоящее время образование является ключевым моментом, определяющим жизненный путь человека, поскольку чем выше уровень полученного образования, тем больше у человека шансов получать заработную плату, превышающую средний уровень дохода. Однако получение качественного образования в молодости не всегда позволяет специалисту быть востребованным в течение всей карьеры, поскольку прогрессируют наука и техника, а также находят широкое применение инновационные технологии. Повышение престижа образования и научно-технический прогресс являются некоторыми из

причин возникновения в 70-х годах концепции «life-long learning», называемой иначе концепцией непрерывного образования.

Данная концепция подразумевает идею об обучении в течение всей жизни человека и отвергает традиционную парадигму «Школа–вуз–работа» [1]. С ростом популярности концепции непрерывного образования возрастает и потребность в структуризации современных знаний и оформлении их в программы дополнительного профессионального образования (ДПО).

Программы ДПО – это профессиональное образование, получаемое дополнительно к высшему или среднему профессиональному образованию. В России ДПО направлено на удовлетворение образовательных и профессиональных потребностей, профессиональное развитие человека, обеспечение соответствия его квалификации меняющимся условиям [2].

При создании сложных программ необходимо умение формирования качественных знаний, в связи с этим появился подход, называемый педагогическим дизайном. Педагогический дизайнер должен уметь разрабатывать методологию и использовать способы реализации образовательных решений.

Существуют различные модели педагогического дизайна, позволяющие грамотно организовать разработку обучающих курсов для дошкольников, школьников, студентов и работников различных отраслей. Они включают различное количество этапов реализации, подходящих для разных возрастных категорий обучающихся. Выбор модели педагогического дизайна должен основываться на уникальных характеристиках учащихся, которые влияют на их учебные процессы.

Так, например, для обучения детей больше подходят программы, построенные с помощью моделей ADDIE, SAM, Дика и Кэри, ALD. Для взрослых – метод обратного дизайна и модель Колба, поскольку метод обратного дизайна предполагает постоянную фокусировку на конечном результате, а модель Колба предполагает наличие у обучающихся жизненного опыта и способности к рефлексии. Основные подходы и их сравнительные характеристики приведены в таблице.

Для программ ДПО перспективным является метод обратного дизайна. Этот метод предполагает разработку образовательного ресурса «с конечной точки», т.е. первоначально создателем курса определяется результат, к которому студенты курса должны прийти, после разрабатываются мероприятия, которые позволят оценить достижение этого результата, и только потом происходит проработка форм обучения и теоретического наполнения.

Каждый элемент программы должен быть построен таким образом, чтобы внимание ученика было сфокусированным, а вовлечен-

ность – устойчивой на всем протяжении. Эта модель схожа с принципом действия «дорожных карт», поскольку изначально известен пункт назначения (желаемый результат) и дорожная карта (или образовательный ресурс) ведет к нему.

**Сравнение моделей педагогического дизайна**

Название	Количество этапов (скорость) разработки	Возрастной состав целевой аудитории (ориентир на взрослых)	Преобразование практики	Возможность доработки в процессе
ADDIE	5			
Backward Design	3	x	x	
SAM	3			x
Модель Дика и Кэри	10			
ALD	5			x
Модель Колба	4	x	x	x

Данный принцип является противоположностью традиционному подходу, когда впоследствии из выбранного списка материалов формируется результат обучения. Применение методики обратного дизайна показывает, что к завершению обучения студенты четко осознают, какой была цель курса, и могут оценить степень её достижения [3]. Логичен вывод наполнения курсов исходя из ожидаемых результатов, а не материалов, более «комфортных» и привычных для преподавателя.

Желаемый результат может быть определен как наличие у обучающихся определенных навыков или изменение в поведении. В качестве критериев оценки выступает количество набранных баллов за курс или даже разработка некоторого продукта, а после выбираются пути, которые приведут к цели. Особенностью данного формата является то, что без определения результата движение дальше невозможно.

Желаемые результаты следует расставить по приоритетам на трех уровнях [4]:

- Большие идеи, которые необходимо понять учащимся.
- Знания и навыки, которыми важно обладать.
- Знания, с которыми стоит ознакомиться.

Как и для любого подхода, выделяют разные достоинства и недостатки метода обратного дизайна. Среди достоинств можно выделить следующие:

1. Так как материалы подбираются под конкретный результат, можно быть уверенным в том, что в программе нет излишней информационной нагрузки.

2. Работа в рамках программы становится ориентированной на результат, и каждая единица программы несет определенную цель, поэтому для усвоения одного из навыков, обозначенных как результат, нужно освоить конкретные подобранные под него материалы.

3. Изучая различные детали модуля, обучающиеся не упустят смысл изучения исходной темы, так как обучение ориентировано на глобальное понимание.

4. Методы оценки разрабатываются перед планированием обучающей части, поэтому работа с материалом становится более структурированной, и изучаются именно те детали, обратить внимание на которые важно при работе на оценку.

Выявив достоинства метода, нужно обратиться и к недостаткам, которые были выявлены в результате анализа метода:

1. При формировании программ подготовки специалист может не обладать в совершенстве всеми навыками, заявленными в качестве результата, и тогда на разработку программы могут потребоваться дополнительное время и дополнительные специалисты.

2. В отличие от альтернативных моделей (Дика и Кэри, ADDIE) модель обратного дизайна не предусматривает анализ целевой аудитории и уже имеющегося уровня навыков перед началом разработки программы.

3. Метод не включает обязательного этапа формативного оценивания и тестирования перед запуском программы к конечным потребителям, поэтому чуть менее гибок, чем альтернативные (например, модель последовательных приближений).

Несмотря на наличие выявленных недостатков, метод обратного дизайна является перспективным методом, поскольку позволяет сосредоточиться именно на результате прохождения программы, а не на процессе обучения. Это помогает сделать программы ДПО более структурированными и емкими, что важно для программ повышения квалификации (некоторые из которых могут проходить в течение всего 16 часов). Постоянная видимость конечного результата помогает обучающимся не запутаться в процессе, что вероятно при традиционной организации программ ДПО, и постепенно приближаться к конечной цели при прохождении программ профессиональной переподготовки, продолжительность которых составляет 250 часов и более.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Век учись: что такое концепция lifelong learning и как она способствует успеху [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tass.ru/obschestvo/10311985> (дата обращения: 01.03.2020).

2. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 № 273-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс]. – Режим

доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_140174/#dst0](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/#dst0) (дата обращения: 01.03.2020).

3. Condrat v. Backward design: when a good ending makes a good beginning [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dspace.udpu.edu.ua/bitstream/6789/10026/1/IV%20ISS%20Art%20REDIC%20%2810%29.pdf#page=64> (дата обращения: 02.03.2020).

4. Leppan R.G. A model for using learners' online behaviour to inform differentiated instructional design in MOODLE. – 2019 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www03.core.ac.uk/download/pdf/270043831.pdf> (дата обращения: 02.03.2020).

УДК 65.011.56

## **ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ ПРИМЕНЕНИЯ ОБЛАЧНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА ПО ЗАКУПКАМ**

*Т.Б. Колкобаев, Е.А. Руденко, студенты каф. УИ  
Научный руководитель Е.П. Губин, доцент каф. УИ  
г. Томск, ТУСУР, [ktb018@mail.ru](mailto:ktb018@mail.ru)*

*Проект ГПО УИ-1420 «Организационное проектирование  
бизнес-моделей инновационных систем»*

Рассматривается понятие локальной автоматизации, критерии её выбора. Рассматриваются плюсы и минусы такого вида автоматизации, которые были выявлены путем работы в системе «MERTAGO», а также конкурентный анализ отечественного рынка.

**Ключевые слова:** автоматизация, локальная автоматизация.

Локальная автоматизация – набор программных элементов на базе уже имеющегося программного обеспечения с целью решения задачи по автоматизации определенного участка [1].

Вопрос об автоматизации рано или поздно возникает у любых компаний, которые хотят оптимизировать свою работу.

Критерии выбора для локальной автоматизации [2]:

1. Доступность. Этот показатель означает, насколько сложно и как дорого внедрить продукт.

2. Техническая поддержка и обучение. Возможность в любой необходимый момент получить информацию или техническую поддержку – привлекательный «сервис» в глазах покупателя и возможность быть ближе к своему клиенту.

3. Эффективность. Определяется исходя из того, какие результаты нужно получить и как много сил нужно потратить на внедрение.

4. Интеграция. Возможность интеграции с другими сервисами, т.е. передача либо получение информации из системы, которая использует локальную автоматизацию, для дальнейшего использования в другом сервисе или для каких-то других целей.

5. Масштабируемость. Способность адаптироваться к расширению предъявляемых требований и возрастанию объемов решаемых задач.

На основании всех предыдущих пунктов выделяется ряд преимуществ локальной автоматизации, который решает задачи автоматизации закупок:

1. Автоматизация рутинных операций и повышение эффективности работы сотрудников, экономия временных и материальных затрат.

2. Экономия бюджета по закупкам в среднем до 20% за счет должного мониторинга.

3. Массив информации с удобной аналитикой и историей закупок и продаж.

4. Структурирование, хранение и контроль данных, которые связаны с процессом закупок.

5. Прозрачность работы по конкретным заявкам и процесса в целом.

6. Эффективный канал закупок с доступом к широкому кругу заказчиков.

Также выделяется и ряд существенных недостатков локальной автоматизации: проблема связки справочников, оптимизация лишь части рабочего процесса, потеря эффективности со временем.

Рассмотрим в качестве примера систему «MERTAGO».

Система «MERTAGO» основана на управлении взаимоотношениями с поставщиками и ориентирована на оптимизацию бизнес-процессов путем снижения затрат, связанных с материально-техническими снабжениями и закупкой услуг предприятиями любого масштаба [3].

Система «MERTAGO» как решение задач автоматизации бизнес-процесса закупок решает следующие задачи [3]:

1. Систематизация и хранение информации о поставщиках и поставляемых ими товарах и услугах.

2. Размещение заявок на закупку продукции и услуг.

3. Рассылка заявок.

4. Сбор ответов.

5. Формирование конкурентного листа.

6. Анализ потенциальных поставщиков.

7. Дополнительный функционал программы.

На отечественном рынке закупок сегодня присутствует достаточно участников. Выделим некоторые из них: B2B-Rusnano; B2B-Mechel; B2B-Энепро; ЭТП RTS tender, MERTAGO.

В таблице приведен сравнительный анализ выполняемых задач продуктами, приведенными выше.

#### Сравнительный анализ выполняемых задач продуктами

Задача	B2B-Rusnano	B2B-Mechel	B2B-Энерго	ЭТП RTS tender	MERTAGO
Размещение заявок на закупку продукции и услуг	+	+	+	+	+
Рассылка заявок	+	+	+	+	+
Сбор ответов	+	+	+	+	+
Формирование конкурентного листа	+	+	+	+	+
Экспресс-диагностика контрагентов	+	-	-	+	+
Поиск контрагентов	-	+	-	+	-
Дополнительный функционал программы	-	+	-	-	+

Система «MERTAGO» экономит время сотрудника, выполняя все стандартные задачи за него. Скорость обработки заказов увеличивается в 2–4 раза. Время на обработку заказа сокращается на 75-83%.

Достоинства работы в системе [4]:

1. Возможность формировать и использовать в дальнейшем собственную базу поставщиков.

2. Система сама в автоматическом режиме подбирает поставщиков под каждую позицию в заявке и отправит потенциальным поставщикам запрос конкурентных цен только по его ассортименту.

3. Обработка ответов и формирование сводной матрицы поставщиков производится системой автоматически в режиме реального времени по мере поступления ответов от поставщиков.

4. Сохраняется история закупок и взаимодействия с поставщиками в единой системе.

5. Экономия времени получается на поднятии истории взаимодействия с поставщиками, когда все происходит через систему.

6. Напоминания. Нет необходимости ежедневно проверять, что там происходит, или надеяться на поставщиков. С системой идет автоматический контроль, что тоже изрядно экономит времени.

С помощью анализа эффективности автоматизированной платформы для управления взаимоотношениями с поставщиками можно

сделать вывод, что система «MERTAGO» позволяет автоматизировать все процессы, объединяющие в себе выбор источников поставок и непосредственно снабженческую деятельность. Также с её помощью увеличивается прозрачность логистической сети и руководству предоставляется обзор всех затрат, связанных со снабжением.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Как автоматизировать процессы без отдела разработчиков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://izolenta.io/blog/automation> (дата обращения: 27.02.2021).
2. Демина В.В. Логистика производственных процессов // Наука сегодня: теоретические и практические аспекты. – 2015. – С. 170–175.
3. MERTAGO: платформа для управления поставщиками и закупками [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mrcd.pro/> (дата обращения: 27.02.2021).
4. SRM MERTAGO. Автоматизация закупок и взаимодействия с поставщиками [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mrcd.pro/podderzhka/baza-znaniy/vozmozhnosti-srm/> (дата обращения: 01.03.2021).

УДК 004.891

### КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ДАННЫХ ОБЩЕГО АНАЛИЗА КРОВИ

*Е.В. Сафронова, аспирант;*

*В.С. Сафронов, магистрант ОИТ ИШИТР*

*Научный руководитель С.В. Аксёнов, доцент ОИТ ИШИТР, к.т.н.  
г. Томск, НИ ТПУ, [ev.kashcheeva@mail.ru](mailto:ev.kashcheeva@mail.ru)*

Описываются особенности подготовки и анализа данных общего анализа крови пациентов, страдающих рожистым воспалением, малярией и клещевым энцефалитом. Рассматриваются способы определения аномалий данных и их устранения. Проведена кластеризация данных, оценено качество работы алгоритма кластеризации с помощью индекса Рэнда и коэффициента силуэта.

**Ключевые слова:** кластеризация, аномалии данных, общий анализ крови, инфекционные заболевания.

Кластеризация как метод машинного обучения позволяет выделять группы объектов вне зависимости от того, как они были разделены согласно общепринятым классификациям. Благодаря этому появляется возможность выявлять неявные зависимости между теми или иными параметрами. Отделение инфекционных заболеваний Сибирского государственного медицинского университета предоставило данные общего анализа крови пациентов с такими заболеваниями, как

малярия, рожистое воспаление и клещевой энцефалит. Было решено провести кластерный анализ полученных данных, предварительно подготовив их. Целью данного исследования являются подготовка и кластеризация данных общего анализа крови.

Общий анализ крови содержит около 40 параметров. Некоторые из них рассчитываются как сумма других, некоторые представляют собой процентные значения абсолютных величин, некоторые имеют больше половины пропущенных значений. Для оставшихся параметров была проведена попарная визуализация, в результате которой было выявлено, что наибольшей разделяемостью обладает зависимость таких показателей, как содержание гемоглобина (HGB) и содержание тромбоцитов (PLT) в крови. На рис. 1. представлена точечная диаграмма зависимости данных показателей. По оси абсцисс отложены значения гемоглобина, а по оси ординат – содержания тромбоцитов. В качестве третьей переменной на графике выступило заболевание, которым страдает пациент. Круглыми маркерами отмечены пациенты с малярией, квадратными – с клещевым энцефалитом, а крестиком – с рожистым воспалением.

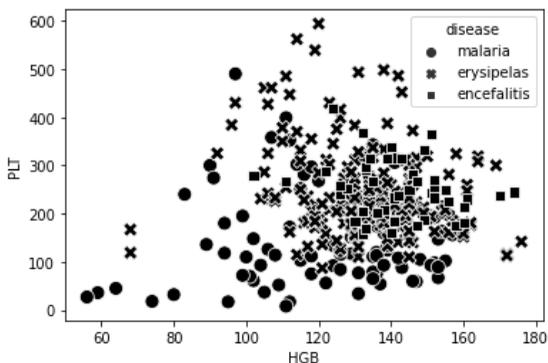


Рис. 1. Точечная диаграмма зависимости показателей

Также на графике можно увидеть, что данные содержат такие значения, которые значительно отличаются от большинства, так называемые выбросы. Выбросы и пропущенные значения являются аномалиями данных [1]. Существует несколько решений по их устранению: удаление аномальных значений и замена аномальных значений статистической величиной. При использовании первого способа возникает риск потери важных элементов набора данных. Поскольку каждый элемент представляет собой набор значений параметров, в случае наличия в элементе аномалии удалению подвергнется весь элемент, включая входящие в него неаномальные значения других

показателей. Поэтому лучшим решением устранения аномалий является их замена на среднее, моду или медиану.

Для обнаружения выбросов использовался принцип работы такого инструмента визуализации, как ящик с усами. Для начала был рассчитан межквартильный размах. Значения, оказавшиеся меньше разности первого квартиля и полтора межквартильного размаха и больше суммы третьего квартиля и полтора межквартильного размаха, были приняты за выбросы. Что касается пропущенных значений, то они имеют тип данных «Null». Выбросы и пропуски были заменены значениями медианы, так как при наличии выбросов среднее значение смещается в сторону выброса.

После подготовки данных была проведена кластеризация методом k-средних [2]. Оптимальным количеством кластеров оказалось 4, что отличается от количества заболеваний. Результат кластеризации был визуализирован, на рис. 2 представлено разбиение набора данных на кластеры. Сравнив классификацию по заболеваниям и результат кластеризации, следует отметить, что основная часть объектов, отнесенных к кластеру 4, относится к пациентам с малярией. Кластер 1 включает пациентов с рожистым воспалением. Что касается кластеров 2 и 3, на данную область приходится пациентам со всеми тремя заболеваниями, однако число пациентов с энцефалитом преобладает в центральной верхней части, что соответствует кластеру 3.

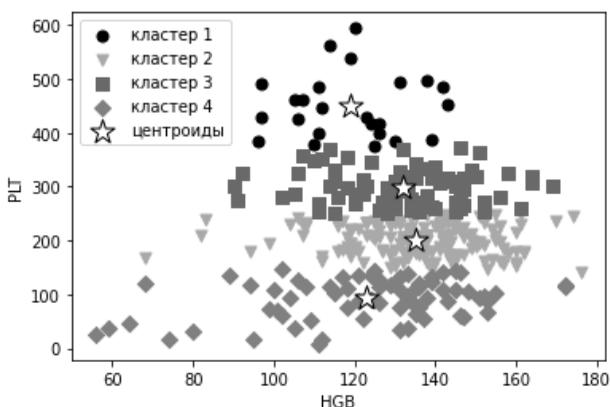


Рис. 2. Визуализация результата кластеризации

Для оценки качества кластеризации были рассчитаны следующие метрики: индекс Рэнда и коэффициент силуэта. Индекс Рэнда – мера сходства двух кластеров, принимающая значения от 0 (кластеры полностью не согласуются) до 1 (кластеры согласуются полностью) [2].

Значение индекса Рэнда для проведенной кластеризации составило 0,58, что свидетельствует о том, что кластеры согласуются по большей части пар. Коэффициент силуэта рассчитывается для каждого элемента набора данных на основе расстояний между каждым отдельным элементом и кластерами, к которым он отнесен и не отнесен. Для набора данных коэффициент силуэта равен среднему значению коэффициентов для каждого элемента. Значения коэффициента могут варьироваться от  $-1$  до  $+1$ . Высокое значение указывает на то, что элемент хорошо соответствует своему кластеру и плохо соответствует другим [2]. Значение данного показателя составило 0,47, что также говорит о неплохом результате кластеризации.

Таким образом, в рамках данного исследования была проведена подготовка данных общего анализа крови пациентов с рожистым воспалением, малярией и клещевым энцефалитом. Из 40 параметров было выбрано содержание гемоглобина и тромбоцитов. Аномальные значения были заменены медианой. Также была проведена кластеризация данных, выявили, что пациенты с малярией и энцефалитом были достаточно точно отнесены к отдельным кластерам. Значения таких метрик, как индекс Рэнда и силуэтный коэффициент, составили 0,58 и 0,47 соответственно.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Zimek A., Schubert E. Outlier Detection. – Encyclopedia of Database Systems. – 2-е изд. – Springer, 2018.
2. Clustering. Clustering performance evaluation. – Scikit-Learn. Machine Learning in Python [Электронный ресурс]. – URL: <https://scikit-learn.org/stable/modules/clustering.html#clustering-performance-evaluation> (дата обращения: 20.02.2021).

УДК 004.451.7.031.43

#### ИЗМЕРЕНИЕ ВОЛНОВОДА С ГРАНИЦЕЙ РАЗДЕЛА ДВУХ СРЕД

*О.Ю. Терентьева, Ю.В. Шульгина*

*Научный руководитель Ю.В. Шульгина, доцент отд. ЭИ, к.т.н.  
г. Томск, НИ ТПУ, oksanaterenteva95@mail.ru*

Описывается метод контроля геометрических размеров волновода, имеющего на своей протяженности границу раздела двух сред, имеющих различные акустические свойства. Сделаны выводы о методах выделения донного сигнала.

**Ключевые слова:** акустический контроль, ультразвуковой сигнал, глубина волновода, метод двух компараторов.

Акустический контроль геометрических параметров объекта получил широкое распространение в горнодобывающей, нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, пищевой (при определении уровня жидкости в емкости) промышленности.

Наиболее распространённым для определения размеров объекта является эхо-метод, основанный на регистрации прихода отраженного от дна волновода сигнала. Актуальной задачей является контроль протяженности волновода, имеющего столб жидкости (чаще всего вода). Сложность определения расстояния в этом случае состоит в выделении донного сигнала, так как часть сигнала отражается от границы раздела двух сред и поступает на датчики быстрее, чем донный сигнал.

Рассмотрим путь, который проходит зондирующий акустический сигнал от начала излучения до регистрации приемниками (рис. 1).

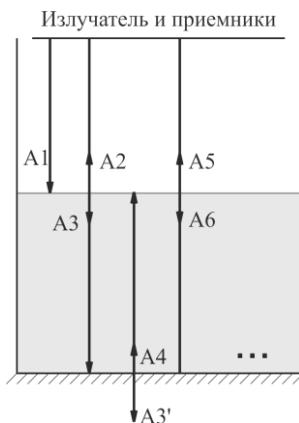


Рис. 1. Схема распространения сигнала в волноводе

Излученный сигнал  $A_1$  распространяется в воздушной среде со скоростью  $v_1$ . При достижении уровня жидкости на границе сред газ–жидкость часть сигнала ( $A_2$ ) отражается от поверхности жидкости и через время  $t_1$  возвращается на приемник. Приемник регистрирует приход сигнала как высокий уровень (рис. 2). Другая часть зондирующего сигнала ( $A_3$ ) проходит в жидкость и распространяется со скоростью  $v_2$ . Через промежуток времени сигнал достигает дна волновода. Одна часть сигнала ( $A_4$ ) отражается от границы сред жидкость–твердое тело, другая ( $A_3'$ ) – проходит и поглощается твердым телом. После отражения от твердого тела и при достижении границы сред жидкость–газ происходит также разделение сигнала, и часть его ( $A_5$ ) переходит в воздушную среду, а затем попадает на приемник. Реги-

страция этого сигнала и дает информацию о глубине волновода. Сигнал ( $A_6$ ), отраженный от границы жидкость–газ снова проходит тот же путь и после деления возвращается к разделу жидкость–газ. Таким образом, через одинаковые промежутки времени на приемник будут приходить сигналы, амплитуды которых с течением времени будут уменьшаться. Стоит отметить, что при прохождении сигнала через среды и границы сред сигнал затухает и поглощается средой.

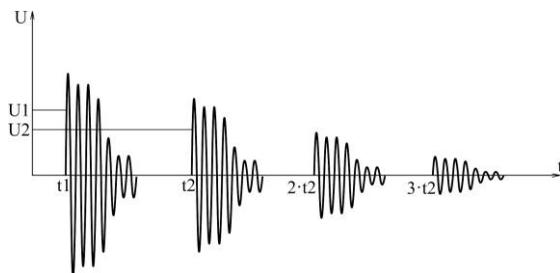


Рис. 2. График прихода отраженных сигналов

Расстояние от излучателя до уровня жидкости ( $L_1$ ) и глубина жидкости ( $L_2$ ) вычисляются по формулам

$$L_1 = \frac{t_1 \cdot v_1}{2}, \quad L_2 = \frac{(t_2 - t_1) \cdot v_2}{2},$$

где  $t_2$  – время прохождения сигнала от излучателя до дна волновода и до приемника.

Тогда глубина волновода ( $L$ ) вычисляется по формуле

$$L = L_1 + L_2.$$

На рис. 2 изображен случай, когда донный сигнал регистрируется через промежуток времени больший, чем длительность сигнала, отраженного от жидкости волновода.

Если волновод заполнен небольшим количеством жидкости относительно всей глубины волновода, то отраженный от жидкости сигнал и донный сигнал будут накладываться (рис. 3).

В данном случае решить задачу выделения донного сигнала можно несколькими способами: использовать для обработки принятого сигнала фильтр Калмана, преобразование Гилберта, а также применяя корреляционные методы обработки сигнала.

Использование фильтра Калмана позволит выделить огибающую сигнала, однако наличие донного сигнала в тени сигнала от границы двух сред выявить с большой точностью невозможно [1]. К тому же результату приведет и применение преобразования Гилберта, которое выделяет огибающую всего затухающего сигнала [2].

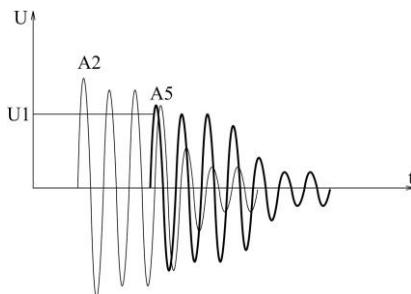


Рис. 3. График регистрации сигналов при их наложении

Одной из задач обработки сигналов корреляционным методом является их различие. Различие осуществляется на основе имеющихся эталонов (образцов) сигналов. Зная, что время распространения сигнала прямо пропорционально глубине волновода, возможно рассчитать математическую модель донного сигнала с некоторой точностью, вводя коэффициент затухания и принимая во внимание время прихода первого сигнала.

Таким образом, основной задачей регистрации донного сигнала при прохождении через жидкость является распознавание донного сигнала и сигнала, отраженного от жидкости. Наиболее применимым для решения этой задачи является корреляционный метод обработки сигналов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Фильтр Калмана [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/166693> (дата обращения: 01.03.2021).
2. Германович О. Преобразование Гильберта в среде LabVIEW / О. Германович, В. Лиференко, С. Лебедев // Компоненты и технологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://kit-e.ru/assets/files/pdf/2012\\_02\\_122.pdf](https://kit-e.ru/assets/files/pdf/2012_02_122.pdf) (дата обращения: 01.03.2021).

УДК 621.31

### РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ДЛЯ СЖАТИЯ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ С УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ДАТЧИКОВ

*Ван Чжиань, аспирант ОЭИ, ИШНКБ*

*Научный руководитель М.А. Костина, доцент ОЭИ, ИШНКБ, к.т.н.*

*г. Томск, ТУСУР, chzhian1@tpu.ru*

Приведена структурная схема, описывающая процесс уменьшения объема занимаемой памяти.

**Ключевые слова:** микроконтроллер, ультразвуковой датчик, аналого-цифровой преобразователь.

Для определения геометрических параметров объекта, расстояния до объекта, нахождения дефектов в металле используют ультразвуковой метод неразрушающего контроля. При измерении ультразвуковой датчик будет получать большой объем данных, и эти данные имеют проблему избыточности. Когда дело доходит до хранения и передачи информации с помощью компьютерных технологий, избыточность играет отрицательную роль, поскольку приводит к увеличению стоимости хранения и передачи информации. Эта проблема становится особенно актуальной, когда небольшой объем носителя данных используется для обработки большого количества информации, следовательно, для снижения затрат на хранение и передачу информации, а также для уменьшения объема пространства, необходимого для хранения файлов на компьютере, и количества времени, необходимого для передачи информации по каналу с заданной полосой пропускания. Данные, полученные ультразвуковыми датчиками, необходимо сжать.

Для обработки и сжатия данных, полученных от ультразвуковых датчиков, была разработана структурная схема устройства, которая представлена на рис. 1. Конструктивно устройство состоит из следующих элементов: ультразвукового датчика, аналогово-цифрового преобразователя (АЦП), микроконтроллера (МК), запоминающего устройства (ЗУ), персонального компьютера (ПК).

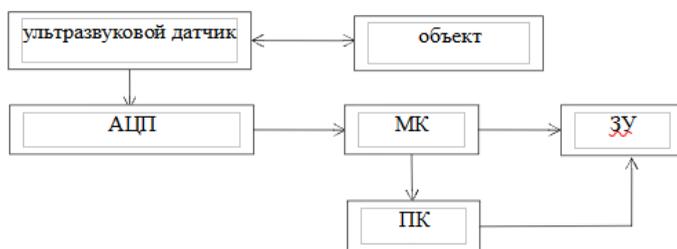


Рис. 1. Структурная схема

Рассмотрим, как работает это устройство. Ультразвуковые датчики посылают зондирующий сигнал, датчики принимают отраженные от объекта сигналы. АЦП преобразует полученный сигнал в цифровую форму из десятичного кода в двоичный. Затем данные передаются в микроконтроллер. Микроконтроллер хранит информацию о контролируемых параметрах в запоминающем устройстве, а также сжимает данные и запрашивает эту информацию у запоминающего устройства в ответ на команду от персонального компьютера. Персональный компьютер обеспечивает взаимодействие между пользователем

лем (оператором) и микроконтроллером через интерфейс связи, а также подключается к устройству хранения информации для хранения сжатых данных.

Поскольку числа хранятся в компьютере в двоичной форме, то с помощью разработанной схемы мы уменьшаем количество бит двоичных данных (с ультразвуковых датчиков поступают 14-битные данные, используя разработанную схему мы можем уменьшить записываемые данные до 8 бит) [1], пространство, занимаемое числом, будет тоже уменьшено [2]. Поэтому когда объем данных огромен, уменьшение количества бит данных в числе может уменьшить размер файла в несколько раз.

Хотя этот метод сжатия путем уменьшения количества бит двоичных цифр является сжатием с потерями, данные не могут быть восстановлены в исходное состояние [3]. Однако этот метод может эффективно уменьшить размер данных и прост в эксплуатации. Для данных, полученных с ультразвуковых датчиков, удаление двоичных цифр не влияет на ценность данных.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Методы сжатия данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/251295/> (дата обращения: 26.02.2021).

2. Процесс сжатия информации с целью уменьшения ее объема [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bezwindowsa.ru/moya-zhizn/protsess-szhatiya-informatsii-s-tselyu-umensheniya-ee-obema.html> (дата обращения: 26.02.2021).

3. Сжатие информации с потерями и без потерь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://compress.ru/article.aspx?id=10581> (дата обращения: 26.02.2021).

УДК 681.3, 681.324, 004.71

### СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕТЕЙ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

*А.А. Зоркальцев, ст. преп., аспирант каф. УИ;*

*А.И. Солдатов, проф. каф. УИ, д.т.н.*

*г. Томск, ТУСУР, [aleksandr.a.zorkaltsev@tusur.ru](mailto:aleksandr.a.zorkaltsev@tusur.ru)*

Представлена архитектура модульной сетевой информационно-измерительной системы, рассматриваются вопросы и особенности технической диагностики промышленных сетей реального времени, обосновывается необходимость разработки нового способа диагностирования сетей.

**Ключевые слова:** информационно-измерительная система, техническая диагностика, промышленные сети, способы и методы диагностики.

Применение сетевых технологий в последние годы стремительно распространяется в бытовых сферах и сферах промышленного производства. Сетевое оборудование является неотъемлемой частью любой современной системы управления. Сложность технических средств и протоколов требует автоматизации проведения измерений и анализа полученной диагностической информации. Особенно актуальна разработка диагностических средств нового типа и разработка способов, позволяющих уменьшить время проведения диагностических измерений, улучшить качество и расширить полноту охвата обнаружения нештатных ситуаций, возможных сетевых сбоев и отказов.

Запланированное и внеплановое изменение режимов работы объекта управления, системы управления и сетевого оборудования в процессе эксплуатации промышленных систем приводит к изменению в объеме, типе и темпе передачи данных, образующих сетевой трафик. Анализируя сетевой трафик, не всегда возможно распознать запланированное изменение от внепланового. Предлагаемая авторами модульная система с изменяемым набором средств диагностики, имеющая выделенный диагностический сервер и мобильный терминал для мониторинга и оперативного изменения режимов работы, позволяет применить разработанный способ, выявляющий ошибки конфигурации, сетевых сбоев и отказов, сокращая время диагностирования и расширяя класс обнаруживаемых ошибок работы сетевой подсистемы [1–3].

Название ПС	Критерии (оценка от 1 до 3)				Итого
	Кроссплатформенность	Мобильность технологии	Множество реализуемых функций	Скорость реакции	
ПСКиМКДС	3	3	2	1	9
Приложение AnCom P3A- Тест	1	2	3	2	8
Клиент OptiView Series III	1	1	2	3	7
ПС управления DANEO 400	2	2	2	2	8
Интерфейс пользователя GOOSEmeter ONE	1	1	1	3	5

В разработке учитываются опыт применения общепринятых подходов к диагностике сети [4–8] и авторские разработки [1–3, 9, 10].

Для работы комплекса используется кроссплатформенное программное обеспечение. В таблице представлен результат сравнительного анализа программных средств конфигурирования и мониторинга комплекса диагностики сетей (ПСКИМКДС) разрабатываемой системы с существующими аналогами.

**Выводы.** Представлены результаты исследований, позволившие разработать новую архитектуру информационно-измерительной системы, определён состав модульных диагностических элементов системы для различных функций и вариантов диагностирования, предложен новый способ диагностики промышленной сети и архитектура ПО.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Зоркальцев А.А., Нариманова Г.Н., Журавлев В.С. Разработка программного средства сетевой диагностики промышленных комплексов // Актуальные проблемы современной механики сплошных сред и небесной механики: Труды Том. гос. ун-та (Томск, 18–20 ноября 2019 г.). – Сер. физико-математическая / под ред. М.Ю. Орлова. – Томск: Изд-во Том. гос. ун-та, 2019. – С. 103–111 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/reports/1841>

2. Юшин О.Е., Зоркальцев А.А. Особенности применения детерминированных сетей Industrial Ethernet в робототехнических комплексах // Научная сессия ТУСУР–2019: матер. междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 22–24 мая 2019 г.: в 4 ч. – Томск: В-Спектр, 2019. – Ч. 2. – С. 247–250.

3. Онуфриев В.А., Качалов А.Н., Зоркальцев А.А. Устройство мониторинга и архивирования сетевого трафика в промышленных сетях // Электронные средства и системы управления: матер. докладов VI Междунар. науч.-практ. конф., 13–16 октября 2010 г. – Томск: В-Спектр, 2011: в 2 ч. – Ч. 1. – С. 112–115.

4. Скотт Хогдал Дж. Анализ и диагностика компьютерных сетей – М.: Лори, 2001. – 353 с.

5. Моисеев А.Л., Моисеева Р.Р., Шаров В.В., Зацаринная Ю.Н. Методы тестирования и диагностирования компьютерных сетей // Вестник Казан. техн. ун-та. – 2014. – С. 315–316.

6. Юдицкий С., Борисенко В., Овчинников О. Основы диагностики сети // LAN. Журнал сетевых решений. – 1998. – № 12.

7. Юдицкий С., Борисенко В., Адашкин П. Анализ сетевых протоколов как метод оптимизации сети // LAN. Журнал сетевых решений. – 1999. – № 1.

8. Тестирование и диагностика локальных сетей (ЛВС) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tools.ru/tools/134446.php/> (дата обращения: 09.03.2020).

9. Григорьева Д.А., Зоркальцев А.А., Овчинников А.А., Онуфриев В.А. Разработка средств диагностики работы промышленных сетей Ethernet //

Электронные средства и системы управления: матер. докладов Междунар. науч.-практ. конф. – 2011. – Ч. 1. – С. 157–160.

10. Зоркальцев А.А., Онуфриев В.А. Модуль для диагностики и прогнозирования состояния сетей Ethernet // Электронные средства и системы управления: матер. докл. VI Междунар. науч.-практ. конф., 13–16 октября 2010 г.: в 2 ч. – Ч. 1. – Томск: В-Спектр, 2010.

11. Ноздрин Г.К. Методы и средства технического диагностирования и тестирования высокоскоростных сетей передачи данных // Научная сессия ТУСУР–2019: матер. Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 22–24 мая 2019 г.: в 4 ч. – Томск: В-Спектр, 2019. – Ч. 2. – С. 204–206.

## **ПОДСЕКЦИЯ 3.7**

### **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

*Председатель секции – Зариковская Н.В., доцент каф. АОИ,  
зам. ген. директор ООО «АльдераСофт», к.ф.-м.н.*

УДК 004.921

#### **ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ МОБИЛЬНОГО AR-ПРИЛОЖЕНИЯ**

*С.В. Агеев, студент каф. АОИ*

*Научный руководитель Т.О. Перемитина, доцент каф. АОИ  
г. Томск, ТУСУР, jod.jenkins@mail.ru*

Описан процесс реализации мобильного приложения с технологией дополненной реальности, созданного с помощью игрового движка Unity3D и SDK Vuforia.

**Ключевые слова:** дополненная реальность, мобильное приложение, AR-приложение, Vuforia, unity.

В современном мире происходит стремительное развитие интерактивных цифровых технологий и высокотехнологичных мобильных устройств, вследствие чего возникает необходимость в создании большого объема информативного и образовательного контента. Благодаря технологии дополненной реальности появилась возможность дополнять и изменять сведения об окружающем человека мире.

Целью данной работы является анализ хода разработки мобильного приложения с технологией интерактивной визуализации средствами дополненной реальности на примере платформы Vuforia.

Дополненная реальность, или AR, – это результат введения в поле восприятия любых сенсорных данных с целью дополнения сведений об окружении и улучшения восприятия информации [1]. Стоит отметить, что использование данной технологии является перспективным в областях медицины, строительства, военного дела и др.

Первым делом при разработке приложения необходимо выбрать SDK, с помощью которого будет проходить работа. Vuforia – одна из самых популярных платформ для разработки дополненной реальности. Она реализует следующие функции:

– распознавание различных типов визуальных объектов (прямоугольник, цилиндр, плоскость);

– распознавание текста и окружения, комбинация изображения и QR-кода;

– поддержка платформ Android, iOS, UWP и Unity Editor.

Все плагины и функции платформы бесплатны, но включают водные знаки Vuforia [2]. Таким образом, выбор данной платформы можно считать оправданным.

Процесс предоставления услуги дополненной реальности можно рассматривать как интерактивное взаимодействие пользователя с прикладными функциями, реализующими анализ состояния его окружения и предоставляющими ему дополнительную информацию [3].

Стоит добавить, что мощности и памяти устройства пользователя может быть недостаточно для выполнения всех вычислений и хранения информации, которая должна быть реализована в виде дополненной реальности. Поэтому необходимым является наличие сети связи, осуществляющей доставку информации из базы данных или сервера на устройство клиента. Состояние пользователя влияет как на выбор типа сообщения, так и на процесс его формирования. Цель данного процесса – выбрать такой тип сообщения и его информативность, чтобы получить наибольший эффект от дополнительной информации, предоставляемой пользователю.

Саму реализацию программного продукта удобнее всего проводить в межплатформенной среде разработки Unity с установленным модулем SDK Vuforia, так как она пользуется популярностью среди пользователей, легка в освоении, имеет большой объем разнообразной учебной информации и обладает широким функционалом по разработке приложений для мобильных устройств.

После регистрации на сайте Vuforia пользователь получает возможность создать лицензионный ключ и базу данных. Для каждого проекта создаётся свой лицензионный ключ, но использование баз данных никак не ограничено. Кроме того, в неё можно поместить до десяти маркеров, т.е. изображений или трёхмерных объектов, с которыми будет вестись работа. Для данного проекта будет достаточно двух маркеров типа «Single Image». После добавления всех необходимых объектов в базу данных её можно скачать на свой компьютер для дальнейшей интеграции.

Результатом работы стало мобильное AR-приложение на базе SDK Vuforia, разработанной в среде разработки Unity (рис. 1). Данное ПО способно распознавать два различных маркера и выводить соответствующие трёхмерные модели. Каждую модель можно рассмотреть отдельно, приблизив к ней камеру телефона. При этом другая модель останется, даже если её маркер частично или полностью выйдет из кадра.

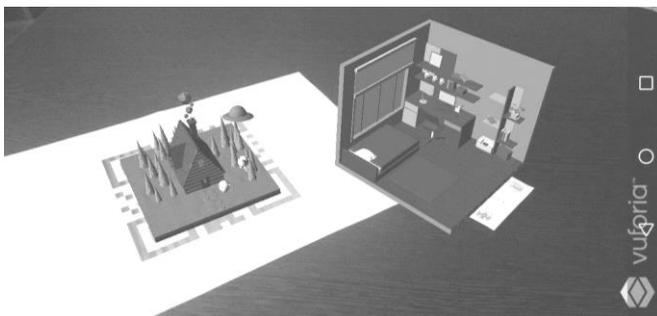


Рис. 1. Реализация дополненной реальности

Благодаря платформе Vuforia практически любой проект, созданный в Unity 3D, можно преобразовать в приложение с использованием технологии дополненной реальности. Официальный сайт Vuforia предоставляет документацию, опираясь на которую, даже новички смогут довольно быстро освоить платформу.

Таким образом, можно сделать вывод, что платформа Vuforia идеально подходит тем, кто хочет попробовать свои силы в разработке приложений дополненной реальности.

Полученные результаты могут быть полезны при разработке других AR-приложений, выборе технологий и средств реализации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ITenterprise [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.it.ua/ru/knowledge-base/technology-innovation/dopolnennaja-realnost-ar> (дата обращения: 05.03.2021).

2. ThinkMobiles [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://thinkmobiles.com/blog/best-ar-sdk-review/> (дата обращения: 05.03.2021).

3. Маколкина М.А. Разработка и исследование комплекса моделей трафика и методов оценки качества для дополненной реальности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.sut.ru/doci/nauka/1AEA/DS\\_Makolkina/Makolkina\\_MA\\_Diss.pdf](https://www.sut.ru/doci/nauka/1AEA/DS_Makolkina/Makolkina_MA_Diss.pdf) (дата обращения: 05.03.2021).

УДК 004.4

#### РАЗРАБОТКА КЛИЕНТА OPC UA-СЕРВЕРА

*Р.А. Арбузов, студент ИШИТР ОАР*

*Научный руководитель А.В. Цавнин, ассистент ОАР, НИ ТПУ  
г. Томск, НИ ТПУ, raa5@tpu.ru*

Рассматривается реализация клиента OPC UA-сервера, который будет использоваться для малых объектов автоматизации.

**Ключевые слова:** OPC, OPC UA, MySQL.

Очень важным, современным и широко распространённым протоколом обмена данных между оборудованием и автоматизированным рабочим местом оператора является протокол передачи данных OPC. Данный протокол наиболее часто используется для передачи технологической информации от уровня программируемого логического контроллера к верхнему уровню автоматизированной системы управления технологическим процессом и в отдельности к SCADA-системам [1]. В частности, одной из наиболее популярных спецификаций является OPC UA.

Объектом разработки является клиент, способный опрашивать OPC UA-сервер и записывать полученные данные в базу данных MySQL. Данная разработка будет полезна при проведении исследований с малыми автоматизированными системами или в ходе отладки технологического процесса.

**Обзор существующих спецификаций OPC-серверов.** На сегодняшний день существуют 2 основные спецификации технологии Open Platform Communication (OPC) – Classic [2] (OPC Data Access (OPC DA), OPC Historical Data Access (OPC HDA), OPC Alarms & Events (OPC AE)) и OPC Unified Architecture (OPC UA) [3]. OPC Classic серверы используют технологию DCOM (Distributed COM), которая существует только в ОС Windows, что исключает работу данных серверов на других ОС. Стандарт OPC UA – кроссплатформенный стандарт.

Разрабатываемое программное обеспечение создаётся из расчёта того, что, как и OPC UA-сервер, оно сможет запускаться на любой современной операционной системе.

**Демонстрация работы клиента.** В качестве тестового OPC-сервера было выбрано программное обеспечение производства компании ИнСАТ «Multi-Protocol MasterOPC Server» [4]. Данный сервер распространяется вместе с клиентом, что позволяет проверить работоспособность разработанной программы. На нём было создано дерево тэгов (рис. 1), которые позволяют управлять технологическим процессом перелива жидкости между ёмкостями в заданных пропорциях. Получаемые со стенда данные записываются на MySQL-сервер (рис. 2).

**Заключение.** Была разработана программа, позволяющая в реальном времени выполнять опрос OPC UA-сервера и записывать полученные значения тэгов в базу данных MySQL.

Данный OPC-клиент предназначен для развёртывания на любой операционной системе, на которой установлен интерпретатор Python. Данные из базы данных можно экспортировать в любой пригодный для анализа значений формат файла. Например, XLSX.

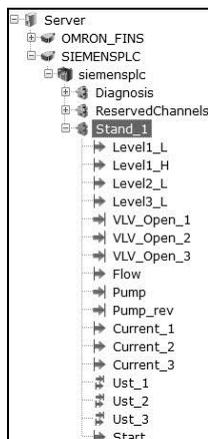


Рис. 1. Дерево тэгов

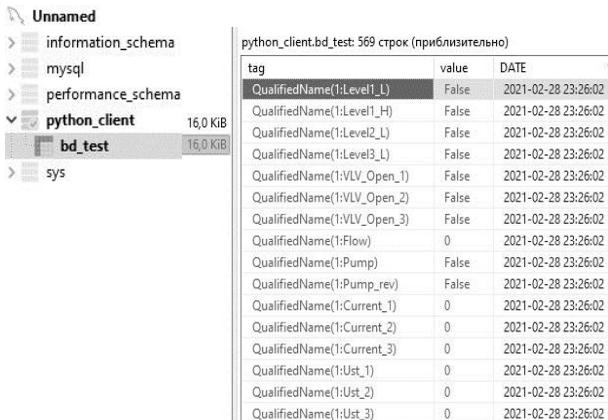


Рис. 2. Запись данных в сервер MySQL

Разработанное решение предназначено для опроса датчиков и дальнейшего анализа полученных данных. В дальнейшем на основе уже разработанного OPC UA-сервера можно установить любую SCADA-систему, поддерживающую работу с протоколом OPC UA.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Новицкая К.В. Применение SCADA-систем для контроля и планирования производства / К.В. Новицкая, А.В. Цавнин // Молодёжь и современные информационные технологии: сб. статей. – Томск, 2019. – С. 221–222.
2. Описание стандарта OPC Classic [Электронный ресурс]. – URL: <https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-classic/> (дата обращения: 28.02.2020).
3. Описание стандарта OPC UA [Электронный ресурс]. – URL: <https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-ua/> (дата обращения: 28.02.2020).
4. Описание Multi-Protocol MasterOPC Server [Электронный ресурс]. – URL: <https://insat.ru/products/?category=400> (дата обращения: 28.02.2020).

УДК 004.054

### ОБЗОР ВИДОВ ТЕСТИРОВАНИЯ

*П.Д. Бертман, студент каф. АОИ*

*Научный руководитель Н.В. Зариковская, доцент каф. АОИ, к.ф.-м.н.  
г. Томск, ТУСУР, p.incages@gmail.com*

Рассмотрены некоторые подходы по тестированию программного обеспечения.

**Ключевые слова:** тестирование, программное обеспечение, виды тестирования.

В современном мире, со всем разнообразием технологий, применяемых для разработки программного обеспечения (далее – ПО), необходимо помнить о качестве выпускаемого ПО. Качество – неотъемлемая часть продукта. Без процесса обеспечения качества невозможно убедиться в том, соответствует ли ПО требованиям клиента. Обеспечение качества продукта необходимо для поддержания конкурентоспособности разрабатываемого ПО.

Существует несколько видов ПО: веб-системы, мобильные приложения, десктопные приложения. Одним из наиболее важных этапов разработки ПО, с целью обеспечения качества, является тестирование, однако для каждого вида ПО используются свои собственные подходы для обеспечения качества.

В таблице рассмотрены основные виды тестирования ПО.

### Виды тестирования

Виды тестирования	По знанию системы	Черный ящик
		Белый ящик
		Серый ящик
	По позитивности сценариев	Позитивное
		Негативное
	По уровню тестирования	Приемочное
		Системное
		Интеграционное
	По разработке тестовых сценариев	Модульное
		На основе модели
		На основе требований
	По степени автоматизации	На основе вариантов использования
		Ручное
		Автоматизированное
По исполнению кода	Статическое	
	Динамическое	
По целям	Функциональное	
	Нефункциональное	

Основные особенности вида «по знанию системы» характеризуются количеством имеющихся знаний об особенностях строения системы. Выделяют 3 уровня знаний о системе: «черный ящик», когда тестирование проводится только с помощью интерфейса, «белый ящик», когда имеется полная информация об устройстве ПО, и «серый ящик», когда имеются частичные знания об устройстве системы.

Основные особенности вида «по позитивности сценариев» характеризуются возможностью проверить систему в различных условиях: начиная от позитивных тестовых сценариев (базовых тестов, которые проверяют правильность выполнения функции), заканчивая провер-

кой негативных тестовых сценариев (представляет собой проверку корректности поведения ПО при некорректных данных).

Основные особенности вида «по уровню тестирования» заключаются в проверке системы поэтапно, начиная с момента создания самой первой функции, заканчивая проверкой полной системы. Выделяется несколько уровней: модульное – проверка работы какой-либо функции/набора функций, интеграционное – проверка взаимодействия модулей между собой, системное – проверка работоспособности всего приложения в целом, приемочное – проверка ПО на соответствие заявленным требованиям, проводимая на этапе сдачи готового продукта или его части.

Основные особенности вида «по разработке тестовых сценариев» можно охарактеризовать тем, какие подходы к проектированию тест-кейсов могли быть применены. Они могут быть основаны на какой-либо модели, требованиях, представленных клиентом, или на различных вариантах использования этого ПО.

Основные особенности вида «по степени автоматизации» характеризуется способом выполнения тест-кейсов, написанных для проверки: вручную, т.е. вручную, или автоматизированно с использованием сторонних инструментов, необходимых для запуска кода / автоматизированного процесса.

Основные особенности вида «по исполнению кода» заключаются в том, был ли произведен запуск приложения для проведения тестирования или нет. Обычно выделяют статическое, когда проводится исследование кода или технической документации на предмет предполагаемых «бутылочных горлышек» (проблемных мест в реализации ПО), и динамическое, означающее запуск написанного ПО, тестирование.

Основные особенности вида «по целям» можно описать таким образом, что он определяет, какие требования будут проверяться на момент тестирования ПО – функциональные или нефункциональные. К функциональным требованиям можно отнести проверку технической и логической составляющей функции, к нефункциональным можно отнести проверку сопутствующих элементов, таких как интерфейс взаимодействия с ПО, кроссплатформенность ПО и многое другое.

По итогам выполненной работы был проведен обзор видов тестирования. Все рассмотренные виды тестирования являются универсальными и могут подойти для любого вида ПО

## ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ стратегий тестирования программного обеспечения. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-strategiy-testirovaniya-programmnogo-obespecheniya> (дата обращения: 24.02.2021).

2. Тестирование программного обеспечения. Базовый курс. – URL: [http://svyatoslav.biz/software\\_testing\\_book/](http://svyatoslav.biz/software_testing_book/) (дата обращения: 26.02.2021).

3. Типы тестирования // URL: <https://sergeygavaga.gitbooks.io/kurs-lektsii-testirovanie-programnogo-obespecheni/content/lektsiya-2-ch4-vidi-i-napravleniya-testirovaniya.html> (дата обращения: 28.02.2021).

УДК 004.021

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ИМПОРТА ФОРМАТИРОВАННЫХ ДАННЫХ ИЗ ДОКУМЕНТОВ EXCEL**

*Д.В. Доржиев, студент каф. АОИ*

*Научный руководитель Н.В. Пермякова, доцент каф. АОИ, к.т.н.  
г. Томск, ТУСУР, natalia.v.permiakova@tusur.ru*

Рассмотрены структуры входных и выходных документов Excel, на примере которых разработан алгоритм автоматизации переноса форматированных данных.

**Ключевые слова:** электронная таблица Excel, VBA, автоматизация переноса данных, структура документа, разработка алгоритма.

Программа для работы с электронными таблицами Excel служит для хранения огромного количества структурированных данных, проведения расчетов, составления диаграмм и таблиц, а также для вычисления простых и сложных функций [1]. Интуитивно понятный интерфейс, простота использования, большие функциональные возможности сделали приложение одинаково полезным как для рядового пользователя, так и для сотрудников различных компаний, в задачи которых входит хранение и обработка большого объема информации без привлечения дорогого оборудования.

Если в случае с обычным пользователем электронная таблица будет содержать несколько десятков ячеек данных, то в организациях это число может достигать нескольких тысяч. Обработка такого объема данных вручную может потребовать большого количества сил и времени, а также с учетом человеческого фактора, может привести к потере или путанице данных при переносе. Поэтому для минимизации ошибок при решении подобных задач можно воспользоваться средствами программирования, которые автоматизируют данный процесс.

В данной работе на примере входного и выходного документов рассматривается способ автоматизации импорта форматированных данных из документов Excel с помощью встроенного языка Visual Basic Applications (VBA) [2].

Пусть преподавателю требуется сформировать документ «Индивидуальный план преподавателя», в качестве входных документов выступают ведомости учебных поручений за осенний и весенний семестры. В первую очередь для разработки алгоритма переноса данных необходимо изучить структуры документов.

Ведомость учебных поручений, содержащая данные, предназначенные для ввода в информационную систему, состоит из трех листов, в которых находится информация о количестве часов нагрузки на преподавателя, отсортированных по дисциплинам, группам и видам обучения. Все документы имеют одинаковую структуру, но для формирования плана необходимы данные только с третьего листа, где содержится информация о группах.

Всю структуру документа предлагается поделить на блоки, которые, в свою очередь, также имеют свою структуру. Первый столбец содержит порядковый номер блока. Одним из основных данных отдельного контейнера является название дисциплины, находящееся в первой строке блока. На следующей строке находится информация о рассматриваемой группе, а именно: курс, номер группы, количество студентов в группе, количество недель и подгрупп. Все они находятся в отдельных столбцах по порядку на одной объединенной строке. После информации о группе следуют столбцы с названиями видов обучения, количеством часов и распределением нагрузки по преподавателям. В конце документа предоставляются итоговые данные с общим количеством часов по видам обучения.

Структура выходного документа (индивидуального плана преподавателя) состоит из двух листов электронной таблицы. Лист «Учебная работа» содержит в себе информацию о запланированных и затраченных часах на различные типы учебной работы. В первом и втором столбцах находятся порядковый номер и название типа учебной работы соответственно. Далее общая колонка количества часов делится на осенний и весенний семестры и всего за учебный год, а они, в свою очередь, – на запланированные и фактические часы. Лист «Занятия по дисциплинам» также содержит в себе информацию о количестве часов, распределенном на различные типы учебной работы, но уже поделенную на дисциплины и группы. Все строки имеют одинаковую структуру, не считая строки с названиями столбцов, семестров и итоговых значений. Порядковый номер и название дисциплины занимают первую и вторую колонки соответственно. Третий столбец содержит номер группы, и далее расположено тринадцать столбцов с количеством часов по типам учебной работы.

Процедура формирования индивидуального плана преподавателя начинается с заполнения листа «Учебная работа» с данными об общем

количестве часов по типам учебной работы. Вся необходимая информация извлекается из последней части ведомости с итоговыми данными, поэтому в начале кода находится строка, с которой начинается данная часть, и представляется в виде отдельной переменной.

Основная часть алгоритма, в которой происходит импортирование данных, состоит из цикла с тринадцатью итерациями, в соответствии с количеством типов учебной работы. В теле цикла находится управляющий оператор, выполняющий один из нескольких возможных блоков действий в зависимости от значения переменной, в которой сохранено название дисциплины.

В каждом блоке ведомости учебных поручений выполняется поиск необходимых данных, начиная с фиксированной строки и до конца таблицы в соответствии с названием учебной работы. Полученные данные записываются в соответствующую ячейку листа индивидуального плана преподавателя, обозначение столбца которой изначально определено, а обозначение строки изменяется каждую итерацию в зависимости от типа учебной работы. Исключительной ситуацией является раздел «Практика», в котором по дисциплине «Планирование и организация разработки инновационной продукции» значение количества часов за данный тип учебной работы необходимо считать вручную. Поэтому в начале итерации проверяется наличие данной дисциплины и в случае его обнаружения в соответствующей ячейке листа учебной работы ставится ноль.

Для заполнения листа индивидуального плана с занятиями по дисциплинам необходимы данные из всей таблицы ведомости учебных поручений, кроме значений итоговых данных. В этом случае алгоритм автоматизации обмена данными содержит в себе вложенные циклы, которые дают возможность перебора учебных групп и названий учебных дисциплин. Внешний цикл с условием проходится по строкам листа индивидуального плана и заносит текущие название дисциплины и номер группы в отдельные переменные для дальнейшего сравнения. После этого запускается внутренний цикл, где заполняются столбцы уже известных нам типов учебной работы. В нем происходит поиск в ведомости блоков с тем же названием дисциплины и номером группы, которые ранее были занесены в отдельные переменные. При обнаружении необходимого блока уже внутри него начинается поиск соответствующего типа работы и количества часов. В конце итерации внутреннего цикла сумма значений необходимых ячеек с информацией о количестве часов заносится в индивидуальный план.

Таким образом, на основе ведомостей и индивидуального плана преподавателя был рассмотрен пример разработки алгоритма автоматизации переноса форматированных данных между файлами Excel.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Microsoft Office Excel – что это? [Электронный курс]. – Режим доступа: <https://office-guru.ru/excel/microsoft-office-excel-что-это-59.html> (дата обращения: 10.02.2021).

2. Способы переноса данных в Excel из Visual Basic [Электронный курс]. – Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/office/troubleshoot/excel/transfer-data-to-excel-from-vb> (дата обращения: 11.02.2021).

УДК 004.855.5

### ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В АВТОМАТИЗАЦИИ ПЕРВОЙ ЛИНИИ ТЕХПОДДЕРЖКИ

*А.А. Аборнев, Л.С. Комаров, В.А. Эйхвальд, студенты каф. ЭМИС*

*Научный руководитель А.А. Матолыгин, ст. преп. каф. ЭМИС  
г. Томск, ТУСУР, 21se90210@gmail.com*

*Проект ГПО ЭМИС-2001 «Искусственный интеллект  
в производственной безопасности»*

Первая линия техподдержки принимает обращение клиента и классифицирует его. Корректность классификации обращения зависит от предоставленной клиентом информации. Задача первой линии – классифицировать категорию обращения и отправить обращение определенному специалисту техподдержки. В данной статье описывается автоматизация первой линии техподдержки с применением методов искусственного интеллекта.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, автоматизация техподдержки, классификация текста, BERT, Python.

Роль информационных систем в бизнес-процессах предприятий становится всё больше с каждым годом [1]. При взаимодействии с информационными системами могут встречаться случаи нештатного поведения программного обеспечения либо вопросы, касающиеся работы информационной системы. Для решения этих вопросов существуют специальные службы, называемые службами технической поддержки. Пользователи взаимодействуют с технической поддержкой посредством обращений, содержащих в себе текстовое описание вопроса или проблемы.

В большинстве случаев техподдержка подразделяется на 3 уровня или же линии. Первая линия – основной задачей является распределение обращений – текстовых запросов для решения каких-либо вопросов между пользователями, а также решение общих и наиболее простых либо типовых вопросов. Вторая линия решает задачи управления

доступом и несложной штатной настройкой системы, её регламентного технического обслуживания и мониторинга ключевых рабочих показателей. Третья линия выполняет сложные настройки и вносит при необходимости существенные изменения в работу компонентов.

Первая линия технической поддержки берет на себя наибольшую долю нагрузки, поэтому для автоматизации процесса целесообразно использовать первую линию технической поддержки. Так как основой обращений является текстовая информация, которую необходимо классифицировать для направления верному исполнителю, эту задачу предлагается автоматизировать.

Классификация текста является классической проблемой в обработке естественного языка. Задача состоит в том, чтобы назначить предопределенные категории для данной текстовой последовательности. Для данной задачи подходит нейронная сеть, которая после обучения сможет корректно классифицировать обращения клиентов независимо от их изложения.

Важным промежуточным этапом в классификации текста является представление текста в удобный для классификатора вид. В нашем проекте для представления текста используется предварительно обученная модель BERT [2]. BERT реализует контекстные векторные представления текста и основывается на левом и правом контексте текста во всех слоях модели, что даёт глубокую двунаправленность модели.

Для реализации программного модуля классификации текста выбор пал на Python [3], так как большинство нейронных сетей и необходимых для их библиотек представлены именно в нем. Python – высокоуровневый язык программирования общего назначения, ориентированный на повышение производительности разработчика и читаемости кода.

Перед реализацией и настройкой модуля необходимо подготовить выборку данных для обработки модулем. В данном случае данными служит набор текстовых запросов, который необходимо обработать для эффективной работы модуля.

Для уменьшения количества вариантов слов применяется лемматизация с помощью `ru morphology2` [4] – морфологического анализатора, разработанного на языке программирования Python.

Основной механизм анализатора – это метод `parse`, который делает морфологический разбор слова. Каждый разбор представляет собой объект `Parse`, содержащий теги, нормализованную лексему, скоринг разбора и алгоритм разбора. Чтобы найти нормальную форму слова, достаточно спросить у объекта `Parse` атрибуты `normal_form` или `normalized`.

Для чистки выборки данных от слов, не несущих смысловой нагрузки, используется корпус стоп-слов NLTK [5], данный корпус содержит общепринятые стоп-слова на различных языках. Путём перебора всех слов из выборки данных удаляются слова, не несущие смысловой нагрузки для модели, что влияет в лучшую сторону на точное выделение признаков при классификации текста.

Для дообучения данной модели на конкретную задачу необходима токенизация (разбиение текста предоставленной выборки на набор токенов, соответствующих тем, что встречаются в словаре предварительно обученной модели), для этого используется токенайзер «BertTokenizer» из библиотеки «pytorch\_transformers».

На вход для BERT готовится специальный список последовательностей «pad\_sequences» из библиотеки «Keras» [6]. После происходит деление полученного списка на тренировочную выборку и валидационную выборку, на которой будет измеряться эффективность обученной на тренировочной выборке модели.

Перед дообучением модели необходимо воспользоваться классом «DataLoader» библиотеки «PyTorch» [7] для создания тензорного набора последовательностей выборки, который состоит из частей (батчей) заданного размера. Это поможет во время обучения модели использовать память эффективнее, так как отпадёт необходимость в загрузке полного набора последовательностей в оперативную память компьютера. Данные по батчам будут разбиваться произвольно с помощью «RandomSampler» библиотеки «PyTorch».

Результат работы дообученной модели на отдельной валидационной выборке показывает, что готовая модель получилась корректной ввиду отсутствия переобучения модели. В данный момент нейронная сеть определяет категорию с точностью в 72%, что является низким результатом для конечного продукта, но неплохим для начала работы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сафронова А.А. Современные тенденции развития отрасли информационных технологий // ТДР. – 2013. – № 4. – С. 94–95.
2. BERT [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1810.04805> (дата обращения: 23.02.2021).
3. Python [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.python.org> (дата обращения: 23.02.2021).
4. Rumorphy2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/kmike/rumorphy2> (дата обращения: 23.02.2021).
5. NLTK 3.5 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nltk.org/> (дата обращения: 23.02.2021).

6. Keras [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://keras.io> (дата обращения: 23.02.2021).

7. PyTorch [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pytorch.org> (дата обращения: 23.02.2021).

УДК 004.932

## **РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ПО ОБНАРУЖЕНИЮ БРАКА В ПРОИЗВОДСТВЕ КИРПИЧЕЙ**

*Р.К. Карпов, студент каф. АСУ*

*Научный руководитель М.Ю. Катаев, д.т.н., проф. каф. АСУ  
г. Томск, ТУСУР, [doitlaunot@gmail.com](mailto:doitlaunot@gmail.com)*

На многих предприятиях и заводах до сих пор используется ручной физический труд, несмотря на то, что у компьютера перед людьми есть ряд преимуществ: быстрая, точная и постоянная скорость работы автоматизированной системы, когда человек в течение дня может уставать и его производительность труда будет снижаться. Основная задача проекта – разработка автоматизированной системы компьютерного зрения для анализа и автоматизации процессов производства кирпичей.

**Ключевые слова:** автоматизированная информационная система, компьютерное зрение, кирпичи, обработка, протокол, оценка цвета.

Основные функции системы: считывание и формирование единого изображения с кирпичами, анализ полученного изображения, в который входит вычисление координат кирпичей, количества кирпичей в блоке, выявление категории и процента брака как для одного кирпича, так и для всего блока кирпичей в целом, составление отчета о полученных результатах.

Структура программы проекта состоит из трёх основных блоков: «Предварительная обработка изображений», «Обработка изображений» и «Анализ полученных данных». Вся структура программы изображена на рис. 1.

Блок «Предварительная обработка изображений» представляет собой формирование одного общего изображения и первоначальную обработку исходных изображений относительно различных внешних факторов, которые могут меняться в зависимости от состояния окружающей среды. Например, свет от лампочки, который имеет длину волны и частоту, из-за чего он непостоянный, влияет на яркость изображений. Блок «Обработка изображений» представляет собой основ-

ные алгоритмы обработки изображений. Методами обработки являются модули для обработки изображения, которые впоследствии необходимы при анализе и формировании протоколов. На этом этапе изображение меняет свою структуру, формируется маска изображения кирпичей, вычисляются матрицы координат кирпичей, определяются доминирующие цвета каждого кирпича, строятся цветовые гистограммы и т.д.

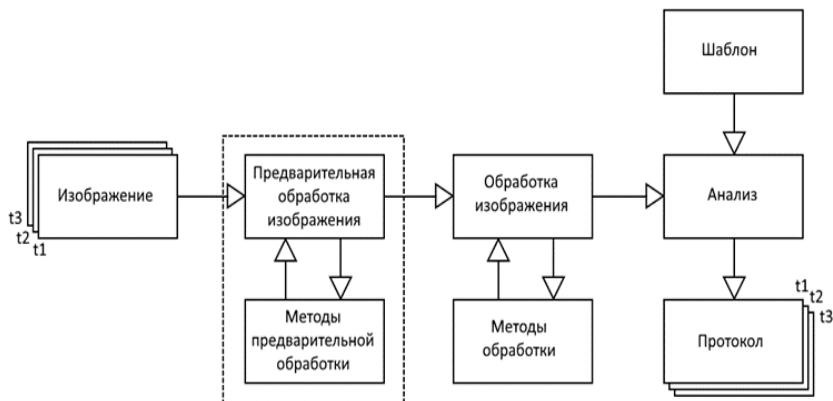


Рис. 1. Структура программы

Блок «Анализ» представляет собой анализ полученных данных на основе шаблонов (изученные и сформированные свойства кирпичей). Результатом анализа являются протокол и отчет. Оценка и анализ цвета происходят на основе вычисления параметров цвета кирпича по гистограммам и сравнения их с эталоном, вычисляя брак. Протокол записывается в файл формата JSON.

Разработанный программный продукт может быть использован в различных автоматизированных системах на заводах по производству кирпичей. Автоматизированная система позволит сэкономить бюджет на персонале, который в текущий момент вручную проверяет каждый отдельный кирпич на различные категории брака.

Ниже приведены примеры процесса обработки и выявления брака на каждом этапе (рис. 2), определение основного цвета кирпича (рис. 3), гистограммы кирпичей (рис. 4) и конечный результат в виде текстового отчёта (рис. 5).

В ходе работы разработана структура программы и на ее основе программное приложение, которое позволяет решать задачи оценки качества кирпичной продукции.

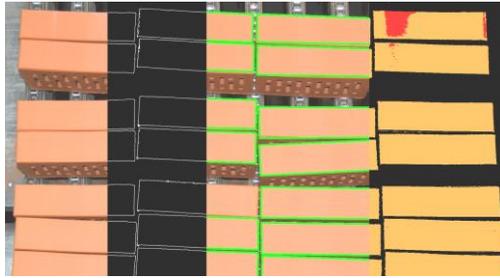


Рис. 2. Поэтапный процесс обработки изображения

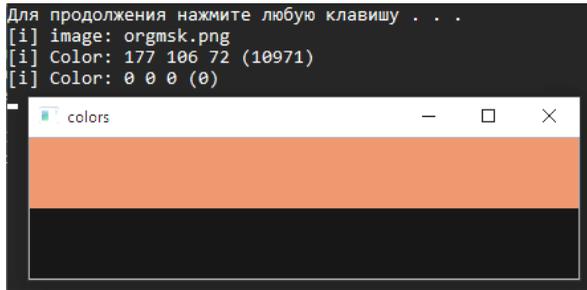


Рис. 3. Определение доминирующего цвета кирпича

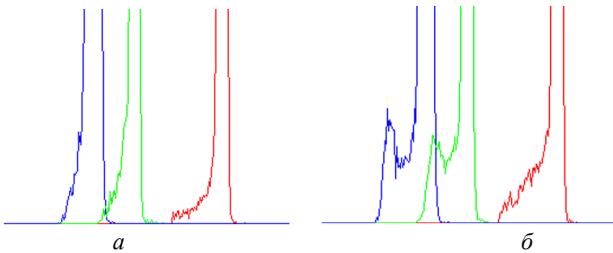


Рис. 4. Гистограммы кирпичей: *a* – без брака и *б* – с браком

```

1  {
2  "date": "14.10.20",
3  "time": "14:56",
4  "cart": {
5    "cart_num": "1",
6    "block": {
7      "block_num": "1",
8      "brick": [
9        {"brick_num": "1", "deffect": "0", "delta": "0%"},
10       {"brick_num": "2", "deffect": "1", "delta": "2%"},
11       {"brick_num": "3", "deffect": "0", "delta": "0%"},
12       {"brick_num": "4", "deffect": "0", "delta": "0%"},
13       {"brick_num": "5", "deffect": "3", "delta": "4%"},
14       {"brick_num": "6", "deffect": "2", "delta": "9%"},
15       {"brick_num": "7", "deffect": "1", "delta": "26%"},

```

Рис. 5. Выходной json-файл

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 33479–2015. Определение цвета колориметрическим методом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200124077> (дата обращения: 26.10.2020).
2. Метод ImageStitching [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/MarkMoHR/ImageStitching> (дата обращения: 25.10.2020).
3. Кластеризация: метод k-средних [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://statistica.ru/theory/klasterizatsiya-metod-k-srednixh/> (дата обращения: 17.11.2020).

УДК 81-139

### **ЛИНГВИСТИЧЕСКИЙ ПРОГРАММНЫЙ ТРЕНАЖЕР ДЛЯ ИНТЕНСИВНОГО ИЗУЧЕНИЯ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА**

*А.Р. Вафина, Д.А. Вяткин, Е.Н. Кириллова, В.А. Кирсанов,  
студенты каф. КИПР; Н.Д. Зверочкин, студент каф. АОИ  
Научный руководитель Н.Н. Кривин, и.о. зав. каф. КИПР, к.т.н.  
г. Томск, ТУСУР, [annavafina13@gmail.com](mailto:annavafina13@gmail.com), [graveld.91@mail.ru](mailto:graveld.91@mail.ru),  
[kirillova8en@gmail.com](mailto:kirillova8en@gmail.com), [vk-k1rs@yandex.ru](mailto:vk-k1rs@yandex.ru), [zver20nik00@gmail.com](mailto:zver20nik00@gmail.com)  
Проект ГПО КИПР-2102 «Разработка модулей тренажеров  
онлайн-платформы для изучения иностранных языков  
«Английский пациент»*

Проводится сравнительный анализ существующих методов и программных платформ, предназначенных для изучения английского языка. Осуществляется постановка проблемы. Формулируется проектная задача.

**Ключевые слова:** лингвистический программный тренажер, онлайн-платформа.

Изучение английского языка в короткие сроки всегда являлось актуальной задачей. Это подтверждается существованием множества разнообразных методов, предназначенных для достижения этой цели. Основными из них являются: 1) самостоятельное изучение английского по учебнику; 2) самостоятельное изучение английского с использованием программных средств (мобильные программные тренажеры, компьютерные обучающие программы); 3) индивидуальное или групповое изучение английского с преподавателем; 4) регулярное общение с носителем языка в естественных для него среде и условиях.

Сравнительный анализ этих методов приводит к следующим выводам. Достоинствами первого метода являются гибкость и относительная свобода в планировании занятий, недостатком – отсутствие какой-либо интерактивности, обратной связи и возможностей аудиро-

вания и отработки навыков произношения. В английском языке темп речи составляет порядка 150–160 слов в минуту, в то время как в русском языке, в котором слова длиннее примерно на 20–30%, этот темп ниже [1]. Язык, который представлен в учебных пособиях, не всегда похож на тот, что люди используют в реальной жизни, когда и правила нарушаются, и присутствует сленг, и произношение гораздо более небрежное.

Второй метод частично лишен этого недостатка: в программе предусмотрена интерактивная обратная связь, кроме этого, имея мобильное устройство или ноутбук, можно заниматься изучением английского в любом месте. Однако такие программы рассчитаны в основном на изучение теории и механическое заучивание новых слов и у них отсутствуют возможности тренировки обучающимися лексических навыков.

Частично этот недостаток снимается использованием третьего метода, когда речь можно тренировать при взаимодействии с преподавателем, однако индивидуальный метод такого обучения стоит дорого, а групповой, как известно, не эффективен и требует большого количества времени. Кроме того, у любого преподавателя, не являющегося носителем языка, имеется акцент, поэтому с точки зрения лексики и произношения студенту изначально будет прививаться произношение, содержащее лексическую погрешность. Аудиолингвальный метод Пимслера [2] также не лишен недостатков, т.к. простого многократного прослушивания и повторения оказывается недостаточно для развития простых навыков понимания и говорения, которые требуют более глубокой и системной работы мозга. Метод Мишеля Томаса [3] требует сложного ассоциативного мышления, а значит, не универсален по своей природе.

Четвертый метод является самым эффективным с точки зрения лексической точности и быстроты освоения, однако он является и самым затратным, так как общение с носителями языка в их естественной среде может быть реализовано только при нахождении обучающегося в англоговорящей стране. Очевидно, что это самый дорогой способ изучения английского языка.

С точки зрения рассмотренных требований наиболее оптимальным для изучения английского языка является метод, объединяющий в себе достоинства второго и четвертого методов. Наиболее подходящей под перечисленные выше требования является оксфордская методика изучения английского, идея которой заключается в том, чтобы начинать изучать язык не с грамматики и её теории, а с элементарного говорения и его интенсивной практики. Очевидно, для лучшего пони-

мания речи нужно слушать и говорить как можно больше. Важно говорить, привыкая к темпу и интонациям языка, причем лучше использовать аутентичные материалы, а не материалы учебников, в которых нет живой, реальной речи.

Обзор существующих на сегодняшний день платформ по изучению английского языка показал, что большинство из них имеют классический подход к обучению. Например, такие платформы, как EasySpeak, Engblog, Инглекс и Skyeng, предлагают обучение исключительно с преподавателем, который будет объяснять материал только в строго отведенное на занятиях время. При этом сначала изучается теория, затем практика. Этот метод уже не актуален среди тех, кому интересно изучать разговорный английский язык. В свою очередь, платформа «Английский пациент» [4] направлена на то, чтобы учить язык, основываясь на образы и звуки. Кроме того, она позволяет изучать лексику, используя онлайн-тренажеры, в которых обучающийся может практиковаться самостоятельно. На всех вышеперечисленных платформах эта возможность отсутствует. Платформа «Английский пациент» предназначена для использования студентами вузов.

В связи с вышеизложенным задача заключается в модернизации платформы «Английский пациент» таким образом, чтобы с её помощью можно было осуществлять автоматизированный программный контроль произношения и автоматическое обнаружение лингвистических ошибок с реализацией обратной связи с обучающимся. В настоящее время существуют программные технологии распознавания голоса и преобразования его в текст на английском языке.

На предварительном этапе была декомпозирована контекстная диаграмма компонентов программной системы контроля произношения с автоматическим обнаружением речевых ошибок (рис. 1). Система должна функционировать следующим образом: поток звуковых данных от аудиоинтерфейса компьютера поступает в программный модуль распознавания речи, преобразующий звуковые данные в текст, который затем поступает в модуль сравнения текстов. В этом модуле происходит сравнение текстов с учётом омофонов и синонимов. В модуле сравнения произношения происходит сравнение двух звуковых образов: эталонного и полученного ранее от обучающегося. Результатом сравнения должны быть сообщения системы о степени соответствия произносимых и эталонных слов в текстовом виде, а также о правильности произношения обучающегося.

Задача распознавания омофонов решается при помощи фонетических алгоритмов, а задача похожести текстов решается алгоритмами наибольшей общей последовательности, в том числе алгоритмом Майерса и его разновидностями [5].

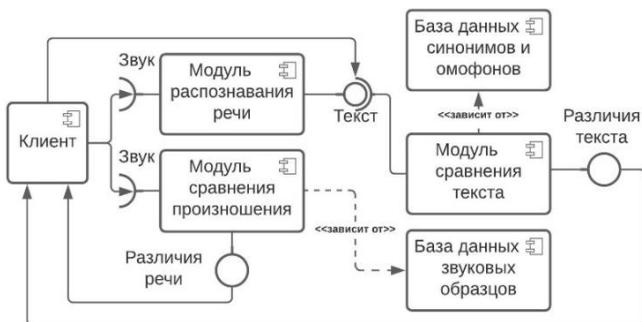


Рис. 1. Диаграмма компонентов разрабатываемой программной системы

Очевидно, что оценка правильности произношения выходит за рамки побуквенного сравнения текстов, т.к. касается фонетического (звукового) состава слова. Эту задачу можно решать только с помощью сличения спектральных сигнатур слов, произнесенных носителем языка (эталон), и слов, произносимых обучающимся. Для решения данной задачи необходимо осуществить предварительную программную обработку аудиосигнала, поступающего от обучающегося, с целью фильтрации возможных шумов, затем получить представление сигнала в системе координат «амплитуда–частота–время»; нормализовать сигнал по амплитуде, т.е. привести его к единому с эталонным динамическому диапазону; сравнить поступающий от обучающегося и эталонный сигналы по длительности и спектральному составу. Функционал разрабатываемой программы также должен предоставлять возможность регулирования скорости произношения эталонных фраз, чтобы тренировать беглость речи обучающегося.

Таким образом, требуемая для функционирования разрабатываемой программы база данных должна содержать не только тексты, но и банки звуковых эталонов произношения этих текстов. Платформа «Английский пациент» решает эту задачу привлечением контента, находящегося в свободном доступе (новостные и рекламные англоязычные видеоролики с YouTube).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Темп речи. – Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Темп\\_речи](https://ru.wikipedia.org/wiki/Темп_речи), свободный (дата обращения: 07.03.2021).
2. Система изучения языка Пимслера. – Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Система\\_изучения\\_языка\\_Пимслера](https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_изучения_языка_Пимслера), свободный (дата обращения: 07.03.2021).
3. Метод Мишеля Томаса. – Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Метод\\_Мишеля\\_Томаса](https://ru.wikipedia.org/wiki/Метод_Мишеля_Томаса), свободный (дата обращения: 07.03.2021).

4. Английский пациент – онлайн-обучение английскому языку [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.englishpatient.ru>, свободный (дата обращения: 07.03.2021).

5. An O(ND) Difference Algorithm and Its Variations [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/226257783\\_An\\_OND\\_Difference\\_Algorithm\\_and\\_Its\\_Variations](https://www.researchgate.net/publication/226257783_An_OND_Difference_Algorithm_and_Its_Variations), свободный (дата обращения: 22.03.2021).

УДК 004.031.42

## **ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЯПОНСКОГО ЯЗЫКА**

***В.К. Шабалин, Д.А. Чебыкин, Д.Д. Пимонов,***

***И.В. Климов, С.А. Краснов, студенты каф. АСУ***

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

*г. Томск, ТУСУР, [pimonov.daniil@bk.ru](mailto:pimonov.daniil@bk.ru)*

*Проект ГПО АСУ 2103 «Веб-приложение для изучения японского языка»*

В рамках ГПО АСУ-2103 рассматривается разработка веб-приложения для изучения японского языка, которое будет обладать расширенным функционалом и набором инструментов в сравнении с конкурентами. На данном этапе были проведены конкурентный анализ и начальное проектирование будущего приложения. Особенность веб-приложения – отсутствие аналогов на отечественном рынке.

**Ключевые слова:** японский язык, веб-приложение, JavaScript, Golang, JSON, PostgreSQL, веб-сокеты.

В наше время знание иностранного языка является преимуществом в различных сферах жизни (понимание песен, личного общения, новостей, учебных программ и т.д.), поэтому одной из актуальных проблем является сложность изучения иностранного языка. Широкое распространение смартфонов и возможности круглые сутки пребывать в сети Интернет приводит к лавине разнообразных программных приложений, связанных с изучением различных иностранных языков. Кратко покажем информацию о приложениях для изучения японского языка. На ресурсе Google Play [<https://play.google.com>] можно найти достаточно Android-приложений для изучения японского языка, например, Obenkyo, Japanese, для Apple-приложений известна программа Imiwa [<http://www.imiwaapp.com>]. Достаточно подробный список можно найти на сайте [<http://nippon-otaku.ru/programmi-yaponskiy-yazik>] или [<https://lplib.ru/bestjapanese35>].

Огромное количество информационных ресурсов не позволяют комплексно и полноценно изучить иностранный язык из-за отсутствия четкой структуры подачи информации, вследствие чего возникает потребность в системе, которая бы решала данную проблему. В качестве иностранного языка системы был выбран японский язык, так как данный язык недостаточно широко представлен в отечественных аналогах [2].

Веб-приложение сочетает в себе теоретическую и практическую части обучения. Пользователь имеет возможность изучать язык с помощью различных модулей, представленных на рис. 1.

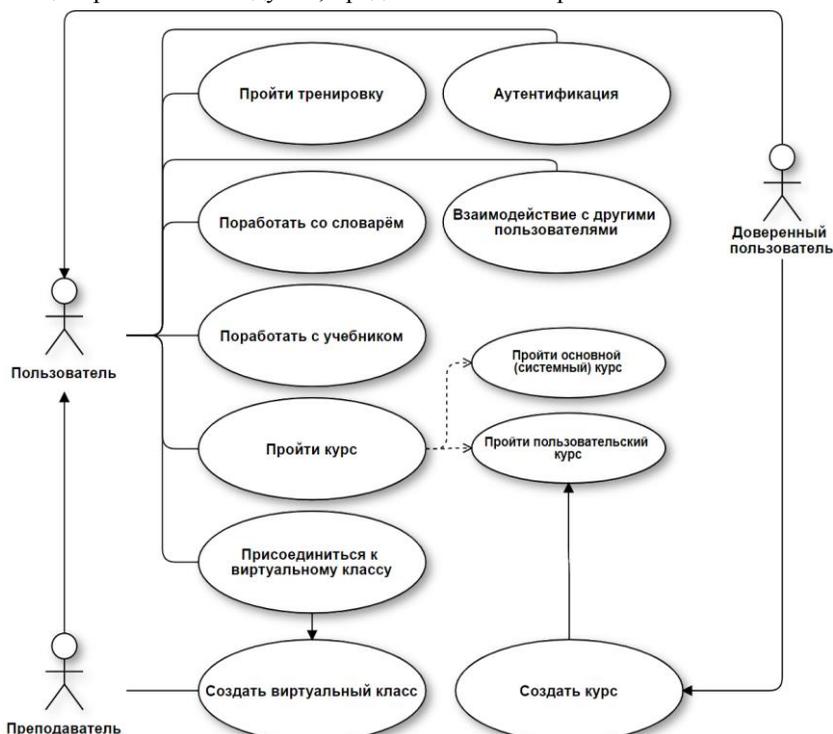


Рис. 1. Диаграмма вариантов

Каждый модуль плотно взаимодействует с остальными. Если пользователь прошёл новое слово или правило, то каждый модуль подстраивается под его прогресс. Система понимает, что именно и в какой момент времени изучил пользователь, чтобы выдать нужный материал для дальнейшего обучения.

В системе предусмотрены общий и личный словари. Общий словарь представляет собой банк слов с переводом и описанием каждого

слова. Личный словарь пользователя формируется в зависимости от пройденных курсов и модулей, а также уровня подготовки. В личном словаре пользователь оставляет за собой право производить действия со словами: удаление, добавление, сортировка слов по категориям.

В дополнение к словарю в системе существует учебник, который представляет собой банк правил изучаемого языка.

Пользователь имеет возможность пройти быструю тренировку, которая представляет собой сгенерированный системой набор мини-игр и заданий для закрепления пройденного материала. Система сама определяет уровень знаний и пройденный материал пользователя.

В системе предусмотрены курсы, которые представляют собой набор модулей на различные темы. Каждый модуль содержит в себе теоретические и практические материалы для изучения языка.

Доверенный пользователь имеет возможность создавать и настраивать собственные курсы при помощи встроенного конструктора. Пользователь может создать любое количество модулей внутри своего курса. Пользовательские курсы может пройти любой желающий при наличии доступа.

Преподавателем в системе является расширенная версия доверенного пользователя. Преподаватель имеет право создавать виртуальные классы. Виртуальный класс представляет собой закрытое пространство в системе, содержащее свой набор курсов, участников и функционал для работы с последними. Внутри класса преподаватель может взаимодействовать с участниками: добавлять, удалять, отслеживать прогресс.

Веб-приложение будет обладать дружелюбным интерфейсом и корректно отображаться на устройствах с любым размером экрана. Клиентская часть веб-приложения будет разработана при помощи следующих технологий: HTML, SCSS (CSS), JavaScript, React. Серверная часть будет реализована при помощи Golang. В качестве базы данных был выбран PostgreSQL. Взаимодействие клиента и сервера будет происходить при помощи асинхронных запросов и веб-сокетов [3]. Данные будут передаваться в формате JSON.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Диаграмма вариантов использования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://flexberry.github.io/ru/fd\\_use-case-diagram.html](https://flexberry.github.io/ru/fd_use-case-diagram.html), свободный (дата обращения: 22.02.2021).

2. Семь лучших приложений для изучения иностранных языков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.klerk.ru/boss/articles/394728/>, свободный (дата обращения: 22.02.2021).

3. Клиент-серверная архитектура [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://developer.mozilla.org/ru/docs/Learn/Server-side/First\\_steps/Client-Server\\_overview](https://developer.mozilla.org/ru/docs/Learn/Server-side/First_steps/Client-Server_overview), свободный (дата обращения: 28.02.2021).

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАЗМЕЩЕНИЯ ТЕКСТА В ИКОНАХ ДРАКОН-СХЕМ**

*А.С. Стецко, В.А. Гойник, В.Е. Кузнецов, студенты каф. АСУ*

*Научный руководитель В.Д. Сибилёв, доцент каф. АСУ, к.т.н.*

*г. Томск, ТУСУР, stetsko.alexeist@ya.ru*

*Проект ГПО АСУ-1908 «Графическая среда программирования  
Дракон-Си»*

Сформулирована идея решения проблемы размещения текста в иконах Дракон-схем. Составлена математическая модель и конкретизированы этапы решения относительно средств разработки. Реализация модели выполнена в виде программы на языке JavaScript.

**Ключевые слова:** математическая модель, координаты, моноширинный шрифт.

В рамках проекта ГПО было решено реализовать редактор Дракон-схем в виде веб-приложения. Используемые инструменты: HTML, CSS, JavaScript. HTML необходим для разметки элементов редактора, CSS – для позиционирования выделенных блоков редактора, JavaScript – для организации динамики веб-страницы. В ходе разработки была выявлена проблема размещения заданного текста в графоэлементе Дракон-схемы. Это связано с тем, что используемые средства разработки не имеют интерпретации графических примитивов как контейнеров для хранения текста. Следовательно, отсутствуют алгоритмы размещения текста в прямоугольных областях. Алгоритмы размещения в других доступных графических редакторах недоступны. Но используемые средства разработки позволяют их создать. Для успешного создания такого алгоритма необходимо построить математическую модель.

Идея размещения текста: среда получает текст в виде строки, разбивает его на слова. Затем среди слов выбирается самое длинное. Если длина этого слова превышает заданный заранее предел (например, 20 символов), то она становится предельной, иначе предел остаётся прежним. Выявленный предел используется для вычисления ширины области заполнения текста. Длина области заполнения зависит от количества абзацев. Абзац в данном контексте – это количество слов, общая длина которых с учётом пробелов меньше предельной. Вышеописанная последовательность действий изображена на рис. 1.

Основной недостаток этой величины – отсутствие чёткой зависимости между высотой символа (кеглем) и его шириной. Следовательно, выбор кегля будет основываться на известных парах значений «высота–ширина». Причём постоянную ширину символа можно га-

рантировать, используя моноширинный шрифт [1]. Добавление абзацев в строку основывается на создании нескольких тегов `<text>` и `<tspan>`. Из массива слов в тег будут добавляться его элементы. Каждый тег будет содержать слова, длина которых по совокупности не превосходит предельной. Процедура завершается, когда массив слов опустеет. Извлечение элемента массива из начала – функция `shift()`. Количество тегов `<text>` и `<tspan>` следует подсчитывать, так как от них зависит длина иконы.

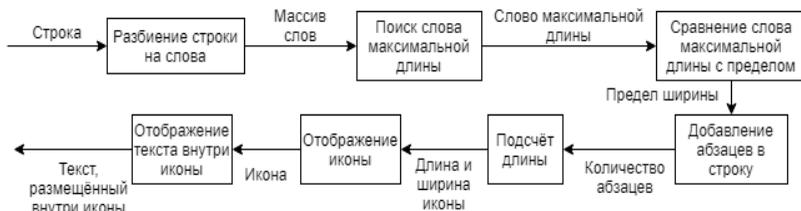


Рис. 1. Процесс решения задачи размещения текста

Из вышеупомянутого следуют следующие формулы вычисления длины и ширины иконы:

$$W = 2 \times p + l \times sw, \quad (1)$$

$$L = 2 \times p + N \times sl, \quad (2)$$

где  $p$  – внутренний отступ,  $px$ ;  $l$  – предельная длина текста, ед;  $sw$  – ширина символа,  $px$ ;  $N$  – количество абзацев, ед.;  $sl$  – высота символа,  $px$ .

Вычисленные длина и ширина – это параметры иконы, как элемента SVG. SVG-графика в HTML5 представлена тегами, имеющими интерпретацию в виде примитивов. Например, тег `<rect>` означает создание прямоугольника, а среди его параметров могут быть настройки стилизации (закругление углов, заливка, контур) и настройки позиционирования (абсолютное и относительное значения координат). Значения длины и ширины – это данные параметров `width` и `height` соответственно. Таким образом, задав эти параметры с вычисленными значениями, можно получить требуемую икону на веб-странице. Координатная сеть SVG-контейнера представлена на рис. 2 [2].

Добавление текста поверх иконы – теги `<text>` и `<tspan>`. Так как содержимое тегов полностью готово, необходимо только выполнить смещение позиции. Главное отличие этих тегов от `<rect>` – стартовая позиция. У прямоугольника это левый верхний угол, а у текста – левый нижний угол. Следовательно, начальную позицию стоит сместить на величину внутреннего отступа по оси  $X$  и на величину кегля по оси  $Y$ . Если будут использоваться несколько тегов `<tspan>`, необходимо выполнять смещение по оси  $Y$  на кегль. Величина смещения указывается в параметре `dy`.

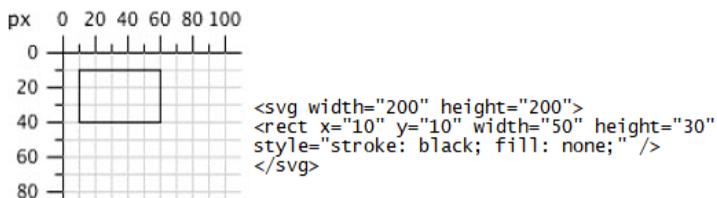
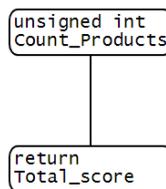


Рис. 2. Координатная сеть SVG контейнера

В результате проделанных вычислений была создана математическая модель размещения текста в иконах Дракон-схем. На основе модели была написана программа на языке JavaScript, выполняющая необходимые вычисления в функциях и помещающая блоки кода в код HTML. Пример работы кода представлен на рис. 3. На рисунке можно видеть, что слово максимальной длины – «Count\_Products».

Рис. 3. Пример работы программы, размещающей текст внутри Дракон-схемы



## ЛИТЕРАТУРА

1. Web-конструирование 2. Шрифты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ptpit.ru/learn/WEB/100408.htm#n0102> (дата обращения: 2.03.2021).
2. SVG. Координаты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rezerford-svg.blogspot.com/2011/06/2.html> (дата обращения: 2.03.2021).

УДК 004.8:373.3

## ОБУЧЕНИЕ ШКОЛЬНИКОВ ПРАВИЛЬНОМУ НАПИСАНИЮ БУКВ И ЦИФР С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

*А.С. Мазур, студент каф. АСУ*

*Научный руководитель М.Ю. Катаев, проф. каф. АСУ, д.т.н.  
г. Томск, ТУСУР, аnya.mazur2017@yandex.ru*

Представлена методика применения нейронных сетей для обучения школьников каллиграфически правильному письму. В нем описаны методы обучения письму, применяемые в настоящее время в традиционном образовании, и обоснована значимость использования разрабатываемой программы, а также описан принцип ее работы.

**Ключевые слова:** нейронная сеть, обучение, изображение, распознавание, символы, образовательный процесс, школа.

В последние годы проблема обучения первоклассников каллиграфически правильному письму стала особенно актуальной, так как все чаще у обучающихся возникают трудности при овладении техникой письма. Цифры и буквы, неправильно написанные на начальном этапе формирования письма, могут вызвать проблемы в будущем (уменьшение скорости написания текста и снижение оценок из-за неразборчивости, так как непонятно написанная буква считается орфографической ошибкой).

Обучение письму – это прежде всего развитие графических навыков, они формируются в результате длительного обучения с помощью серии упражнений [1]. Но время на обучение правильному письму в первом классе сокращено до минимума, учитель старается успеть продемонстрировать, как пишется и читается буква, а проконтролировать письмо учеников может не всегда [2].

Чаще всего учителя в школах используют традиционное обучение, основанное на использовании ручного труда. Но современный уровень развития науки и техники позволяет вводить цифровые технологии в учебный процесс все больше, чтобы образовательный процесс был максимально эффективным.

Имеющиеся методические практики обучения правильному написанию связаны с разработкой специально разлинованных тетрадей или видеоуроков. Например, существуют различные программы онлайн-формата для генерации прописей, которые учитель может сам подготовить, распечатать, отдать ученику и после проверить. А вот программ с автоматизацией процесса контроля написания символов не было обнаружено в ходе обзора литературы.

Нами выполняется разработка программы, которая позволит ребенку самостоятельно осваивать навыки письма, выработать правильное и, что самое главное, понятное написание букв и цифр. Для использования данной программы потребуется планшет с пером, чтобы ученик мог с помощью пера писать буквы и цифры. В основе данной программы лежит нейронная сеть.

Принцип работы программы представлен на рис. 1.



Рис. 1. Принцип работы программы

В ходе работы программы ученик получает задание на написание определенного символа, которое находится в хранилище, ученик пишет с помощью пера требуемый символ, изображение этого символа передается в нейронную сеть, которая определяет, какой именно символ представлен на изображении, данный результат сравнивается с правильным ответом (с тем, какой должен был быть написан символ), если ответы совпали – символ написан верно, иначе – символ написан неверно, в хранилище передается информация о правильности написания символов.

Для того чтобы нейронная сеть правильно распознавала цифры и буквы, ее необходимо обучить, для этого используется обучение с учителем с помощью алгоритма обратного распространения ошибки [3]. В данной работе также будут использоваться смещения, поэтому целью обучения сети является такая подстройка весов и смещений, чтобы программа приводила некоторый набор входных значений к требуемому набору выходных значений. При обучении с учителем предполагается, что для каждого входного набора существует парный ему целевой вектор, задающий требуемый выход. Обучающая выборка представлена бинарным набором пикселей изображения и желаемым выходным набором.

В качестве вида нейронной сети используется многослойная сеть (двухслойная, с одним скрытым слоем) прямого распространения. Так как в программе будут использоваться разные режимы изучения символов, было принято решение реализовать три разные небольшие нейронные сети для изучения заглавных букв, строчных букв и цифр, соответственно. В качестве входного слоя используется изображение размером 20 на 28.

Для демонстрации того, на каких именно изображениях обучались НС, ниже приведен пример некоторых из них. Размер изображений равен 20 на 28 пикселей, эти изображения были созданы собственноручно на основании примеров из прописей, используемых для обучения правильному написанию символов.

На рис. 2 представлено несколько изображений заглавных букв русского алфавита.

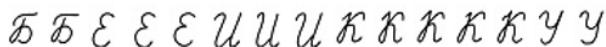


Рис. 2. Примеры заглавных букв

Несколько примеров изображений строчных букв русского алфавита представлено на рис. 3.



Рис. 3. Примеры строчных букв

Несколько изображений с цифрами представлено на рис. 4.

0 1 2 2 3 4 4 4 5 6 7 8 9

Рис. 4. Примеры цифр

В результате нейронные сети были обучены на наборе данных, который состоит из 20 вариантов написания каждого символа (660 заглавных букв, 660 строчных букв и 200 цифр), каждый из которых немного отличается друг от друга. Таким образом общий объем изученных изображений составил 1 560. Точность распознавания изученных символов достигает 0,9999.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Как сделать прописи в word? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://word-office.ru/kak-sdelat-propisi-v-word.html>, свободный (дата обращения: 01.03.2021).
2. Прописи для детей – онлайн-генератор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tobemum.ru/deti/kak-nauchit/generator-propisi>, свободный (дата обращения: 28.02.2021).
3. Рашид Т. Создаем нейронную сеть. – СПб.: ООО «Альфа-книга», 2017. – 272 с.

УДК 004.046

### ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ИНТЕРПРЕТАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

*М.Ю. Мелихов, студент*

*Научный руководитель О.П. Кочеткова, преп.*

*г. Томск, ТПТ, melikhov.matvei@yandex.ru*

В результате исследования были прокоррелированы отражающие горизонты, рассчитаны сейсмические атрибуты, построены регрессионные и нейросетевые модели для коэффициента пористости, коэффициента песчаности и эффективной толщины, проведен анализ значимости и адекватности полученных моделей, а также построены модельные поверхности для рассмотренных характеристик пласта.

**Ключевые слова:** сейсморазведка, месторождение, атрибутный анализ, коэффициент пористости, коэффициент песчаности, эффективная толщина, регрессионный анализ, нейронные сети.

Целью является внедрение программного комплекса при интерпретации сейсмических данных.

Актуальность работы заключается в сложности интерпретации полевых сейсмических данных, так как по ним составляется прогноз

на полезные ископаемые, его объем и залегание по прогнозам сейсмических данных, проектируются кусты скважин и методы добычи нефти.

Данная работа заключается в описании методов работы системы по интерпретации сейсмических данных SCP-PC.

В современном геофизическом сервисе нефтегазовой отрасли сложилась ситуация, типичная для рынка: геофизические компании внедряют все более сложные и дорогостоящие технологии, декларируя их выдающиеся возможности. Однако реальные достоинства таких технологий не очевидны, но в погоне за этими «новациями» часто забывается простое правило, согласно которому любой геофизический метод имеет ограничения, которые связаны с его физической сущностью. Важную роль в повышении эффективности применения сейсморазведочных данных в геологоразведочном процессе играет интерпретация. В проектирование геофизических работ входит обработка данных и, как правило, выбирается программный комплекс для интерпретации геофизических исследований. Полевой сезон длится 6 месяцев, для написания отчета по произведенным работам требуется интерпретация данных исследований.

Проектируемая система SPS-PC (пакета программ) позволяет интерпретировать сейсмические исследования. Система позволяет последовательно работать с модулями, программами, процедурами, наборами данных (командные файлы, сейсмические файлы, промежуточные файлы обработки, файлы интерпретации и т.д.), производить обработку и интерпретацию площадной и объемной сейсморазведок, МСК, ВСП, тестирование параметров. Данная программа SPS-PC позволяет снизить затраты времени на обработку геофизических данных, качественно и быстро обработать большой объем информации. Хотя система SPS-PC самодостаточная (комплекс операций от загрузки полевой информации до картопостроений и геологических разрезов), тем не менее можно выполнять только часть функций, используя для обработки информации другие программы (интегрировать SPS-PC в комплексе с другими программными приложениями).

#### **Задачи, решаемые SCP-PC**

- Планирование работ 3D, геометрия отработанных профилей 2D и площадей 3D.
- Потрассная и многоканальная обработка 2D, 3D, МСК, ВСП (включая динамическую), построение синтетических моделей.
- Обработка преломленных волн МПВ.
- Обработка и корреляция совокупности скважин.

- Интерпретация геологосейсмической информации и картопостроение.
- Формирование и ведение единой базы данных.
- Дополнительные полезные утилиты.

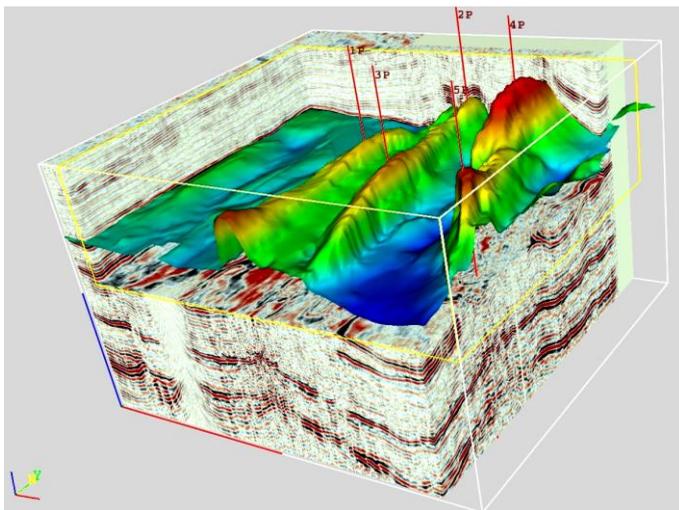


Рис. 1. Построение куба, с использованием геологоразведочных данных

Данная программа позволяет повысить экономический потенциал нефтегазовых компаний, так как при ее использовании нужно меньшее количество рабочих мест. Дороговизна программных комплексов и обучение специалистов не мешают геофизическим компаниям переходить на цифровизацию геофизических исследований и их архивацию. Окупаемость проектов, не связанных с нефтью и газом, составляет от 15 до 25 лет, сокращение времени на камеральные и лабораторные работы позволяет геофизическим компаниям быстро и своевременно отдавать отчеты по проделанным исследованиям заказчику. Высокая квалификация специалистов, машинная обработка полевых материалов с помощью специально разработанных программ обеспечивают высокую производительность труда и, самое главное, гарантированное качество и объективность информации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мардас А.Н., Мардас О.А. Организационный менеджмент. – СПб.: Питер, 2003. – 336 с.
2. Производственно-ораслевые сметные нормы на геофизические услуги в скважинах на нефть и газ (ПОСН 81-2-49). – 2-е изд., испр. – М., 2000.

**ПРОГРАММИРОВАНИЕ ИНТЕРФЕЙСА  
ИНТЕГРИРОВАННОГО ОБУЧАЮЩЕГО  
ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА.  
РЕЖИМНЫЙ ТРЕНАЖЁР ДИСПЕТЧЕРА**

*И.А. Лукуц, А.В. Минх, Н.С. Щербаклова, студенты*

*Научный руководитель Л.В. Толстихина, доцент каф. ГТЭЭС, к.т.н.  
г. Саяногорск, рп. Черемушки, СШФ СФУ,  
scherbakova.natalya2015@yandex.ru*

На языке программирования Delphi разработан режимный тренажер диспетчера (РТД) для реализации цикла лабораторных работ. Была смоделирована электрическая схема станции; запрограммированы элементы электрической схемы, оперативные переключения; сформированы элементы интерфейса: контекстное меню, строка состояния, кнопка, подсказка, полоса прокрутки и др.

**Ключевые слова:** элементы, взаимодействие, программный комплекс, тренажер.

Разрабатываемый программный комплекс РТД предназначен для отработки студентами профессиональных навыков диспетчера в условиях, приближенных к производственным. РТД дает возможность повысить уровень подготовки будущих специалистов и позволяет осуществить интеграцию образовательного и производственного процессов.

Электрическую схему станции в графическом редакторе разделили таким образом, чтобы каждый элемент, который должен производить переключения, оказался на отдельном изображении. После чего в Delphi были созданы Image, используемые для вывода на экран изображений. Задав размеры Image, состыковали границы по типу раскрытой схемы (рис. 1).

Аналогично была создана вторая версия схемы с измененным положением всех переключателей и повторно выполнены вышеуказанные действия. Далее было произведено изменение панели управления, добавлены индикаторы состояния элемента, введено ограничение ошибочного включения на элементы, включение/отключение которых в реальности привело бы к аварии и изменен способ вывешивания плакатов и знаков электробезопасности.

Также был встроен таймер с обратным отсчетом времени выделенного на работу, создана строка состояния для вывода как вспомогательной информации – параметров документа, с которым работает пользователь, подсказок к пунктам меню при наведении на них мышкой или элементов схемы, так и информирования о проведенных операциях и отображения состояния элемента и др.

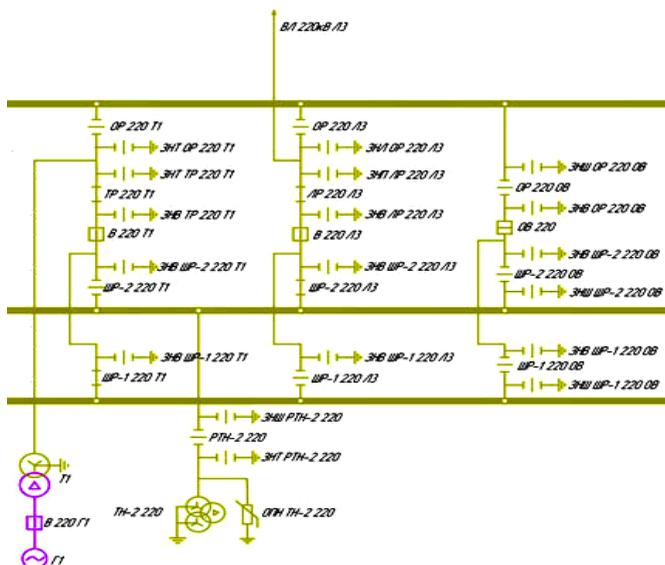


Рис. 1. Стыковка границ раскроечной схемы

Перед началом выполнения лабораторных работ студентом должно быть выбрано «Индивидуальное средство защиты»: диэлектрические перчатки, галоши, штанга и др., в зависимости от задания и участка схемы, на котором будет производиться симуляция.

Для упрощения работы некоторым пунктам меню назначены комбинации клавиш.

Интерфейс студенческой версии несколько отличается от преподавательской. В версии для преподавателя на отдельной форме размещены кнопки с номерами групп (рис. 2), при нажатии на которую, появляется список учащихся. Напротив каждого студента размещён индикатор состояния. Когда индикатор горит зелёным, значит, студент выполняет работу, не отклоняясь от алгоритма переключений; когда горит красным, значит, согласованная последовательность была нарушена, а если горит серым цветом, учащийся по какой-то причине не приступил к выполнению работы.

Если необходимо просмотреть последовательность операций конкретного студента, то достаточно кликнуть мышью на иконку с его фамилией из предложенного списка группы, и на экране всплывёт окно «История операций».

После проверки истории операций преподаватель может выставить оценку студенту в специально отведённом окне, или, если необходимо, создана кнопка «Отправить на доработку». При отправлении

работы на доработку всплывает окно с предложением ввести отзыв-комментарий, чтобы указать на совершённые ошибки. При необходимости преподаватель может самостоятельно изменять списки групп и студентов из Excel-файлов.

Файл Редактировать Сервис Справка			
ГЭ17-01Б		ГЭ17-02Б	ГЭ18-01Б
№	ФИО	Состояние	
1	Абакаев Ильнар Асатович	●	
2	Афанасьев Андрей Семенович	●	
3	Борисова Анна Николаевна	●	
4	Воронов Глеб Витальевич	●	

Рис. 2. Список группы

**Выводы.** В ходе проделанной работы создана возможность симуляции оперативных переключений для тренировки навыков обучающихся на базе среды программирования Delphi. Новые возможности взаимодействия элементов интерфейса позволят преподавателю автономно использовать программный комплекс без привлечения разработчиков.

Работа выполнена при поддержке «Красноярского краевого фонда поддержки научной и научно-технической деятельности» в соответствии с заявкой № 2021020207148.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бархатов К.А., Волков И.Д., Лукуц И.А., Минх А.В., Щербакова Н.С. Разработка программных кодов объектов электроэнергетики режимного тренажера диспетчера // Матер. конф. «Научная сессия ТУСУР–2020». – 2020. – Ч. 2. – С. 291–294.
2. Инструкция по производству оперативных переключений в электроустановках ЕЭС России в операционной зоне филиала АО «СО ЕЭС» ОДУ Сибири (ОДУ-5), (3075.3.22.011-100.21/12.2018), введ. в действие 28.12.2018.
3. Тянь Р.Л., Будовский В.П. Особенности режимных тренажёров диспетчера энергосистем, разработанных в России, Европе и США // Энергетик. – 2013. – № 9. – С. 47–51.

УДК 004.9

### ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТИВНОГО И ОТЗЫВЧИВОГО ДИЗАЙНА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ВЕБ-САЙТОВ

*Д.А. Мячин, студент каф. АОИ*

*Научный руководитель О.И. Жуковский, доцент каф. АОИ, к.т.н.*

*г. Томск, ТУСУР, myachin.d@inbox.ru*

Исследованы отзывчивый и адаптивный дизайны. Рассмотрены особенности данных технологий и представлены рекомендации по их применению.

**Ключевые слова:** адаптивный, отзывчивый дизайн, медиа-запросы.

На текущий момент необходимой составляющей создания сайта является адаптивный или отзывчивый веб-дизайн. Новейшие технологии набирают бурные темпы развития. В данное время люди чаще поглощают контент на таких устройствах, как смартфоны и планшеты. Число пользователей, выходящих в Интернет с мобильных устройств, стремительно растет. Для большинства мобильных устройств необходим особый подход к расположению контента на экране. В случае разработки сайта нужно обращать внимание на большее количество устройств и разрешений. Поскольку интернет расширил свои возможности, пользоваться сайтом ныне представляется возможным на гораздо большем количестве устройств, нежели раньше, используя только стационарные компьютеры.

Адаптивный дизайн – особая тактика к конструированию и написанию фронтенд части сайта, в реальности мы зачастую видим отзывчивый веб-дизайн, потому что отзывчивый дизайн легче реализовать. Адаптивный дизайн используют в больших компаниях и крупных продуктах, например, мобильная версия вК или фейсбук, различные почтовые мессенджеры и т.д

Адаптивный дизайн – это тот дизайн, который подстраивается под разные виды гаджетов или разный вид разрешений. Благодаря стилям, параметры элементов страницы приспособляются. В адаптивном дизайне оперирует один код для всех устройств с корректировкой по размеру экрана, можно менять образ действий и функциональные возможности отдельно взятых элементов страницы. Допустим, в мобильной версии сайта элементы могут пропадать или дублироваться иными элементами, таким образом, дизайн адаптируется под predetermined типы устройств [3].

Отзывчивый дизайн представляет собой часть «резинового» и адаптивного дизайнов. Рассматриваемый дизайн, как и «резиновый», автоматически приспособляется под различные свойства экрана, наряду с этим могут преобразоваться расположение элементов, величина картинок, могут появляться, исчезать или видоизменяться некоторые элементы. Скажем, типичное горизонтальное меню может измениться на выпадающее. Впервые данный способ был представлен Маркоттом Итаном, в дальнейшем он издал в 2009 г. книгу «Отзывчивый веб-дизайн» [1].

Разработчики и дизайнеры обычно работают с макетами, которые разделяются на следующие категории – адаптивные, фиксированные, отзывчивые и резиновые.

**Адаптивные макеты** используют media-queries. Если разработчик знает конфигурацию предполагаемого пользователя, то можно предложить один из вариантов макета, который точно подойдет для

его гаджета. Однако использование адаптивного подхода не гарантирует учет всех предполагаемых в числе прочего довольно экзотических разрешений, что неминуемо обедняет популярность сайта [2].

**Фиксированные макеты** являются недостаточно приспособленными типами макетов. Этот тип макета является самым простым. Часть сайта, которая наполнена контентом, имеет фиксированную ширину, зачастую равную 960px. Другими словами, на экранах шириной примерно 1000px будет использовано все место, а на экранах в 2000px – только часть. Данный тип макета с легкостью подвергается верстке, а также легко рисуется дизайнером, так как достаточно нарисовать только один макет [2, 4].

**Резиновые макеты** позволяют достичь универсальности, если не задавать ширину или задать её в процентах, благодаря этому страница сайта будет достаточно гибкой и одинаково привлекательной. Иными словами, если не учитывать грани и отступы, то сайт, содержащий ширину 100%, будет помешаться во всю видимую часть экрана, не создавая горизонтальной полосы прокрутки. Такие макеты задаются в процентах, но растягивая или сжимая контент-сайт, вероятно, будут представлять собой радикально непригодный вид [5].

**Отзывчивые макеты** совмещают идеологию адаптивного и резинового типов. Адаптация сайта к определенному разрешению экрана представляется возможной благодаря медиа-запросам, которые способствуют растягиванию контента по дисплею, благодаря этому макет без рывков адаптируется к определенному разрешению.

Особенности адаптивного и отзывчивого дизайна приведены на рис. 1.



Рис. 1. Адаптивный и отзывчивый дизайны

В ходе исследования из множества принципов адаптивного и отзывчивого дизайна были выделены и сформулированы основополагающие. Эти принципы направлены на пользователей мобильных устройств в большей или меньшей степени, как и на пользователей настольных систем.

Было выявлено, что отзывчивый дизайн – часть адаптивного дизайна, в котором имеем дело только с «резиновым» макетом, гибкими изображениями и медиа-запросами.

В результате исследования можно сделать вывод, что адаптивный дизайн применим в создании оптимизированного сайта с уникальными шаблонами для каждого типа устройств, одинаково хорошо работающий как в браузере смартфона, так и на настольной системе. Отзывчивый дизайн, который является частично адаптивным дизайном, представляет собой гораздо скромное и не столь мощное средство. Однако в сети предлагается возможным столкнуться с множеством сайтов, разработанных при помощи технологии отзывчивого дизайна вопреки более низкой универсальности и совместимости, создавать их предлагается возможным с меньшими средствами и издержками по времени.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Маркотт И. Отзывчивый веб-дизайн: учеб. пособие. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2012. – 277 с.
2. Официальный сайт Rusability [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rusability.ru/usability/adaptivnyiy-dizayn-kak-obyazatel'naya-sostavlyayushhaya-uspeshnogo-proekta/> (дата обращения: 23.05.2020).
3. Официальный сайт Developers.google [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://developers.google.com/search/mobile-sites/mobile-seo/responsive-design?hl=ru> (дата обращения: 23.05.2020).
4. Официальный сайт Znanieetosila [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://znanieetosila.ru/trainings/lesson/243> (дата обращения: 23.05.2020).
5. Официальный сайт Webew [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://webew.ru/articles/411.webew> (дата обращения: 23.05.2020).

УДК 004.415.3

#### СОВРЕМЕННЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ FRONTEND-РАЗРАБОТЧИКА

*А.В. Потеряева, студентка каф АОИ*

*Научный руководитель Н.В. Зариковская, доцент каф. АОИ, к.ф.-м.н.  
г. Томск, ТУСУР, nace.poteryaeva@gmail.com*

Дан обзор основных тенденций в инструментах frontend-разработки.

**Ключевые слова:** frontend-разработка, HTML, CSS, JavaScript, инструменты, фреймворки.

Мир информационных технологий не стоит на месте, он растет вместе с потребностями пользователей. Когда web-разработка только зарождалась, она не подразделялась на frontend и backend. Это разграничение произошло вследствие развития принципа разделения ответственности между внешним представлением и внутренней реализацией. По мере увеличения пользовательских потребностей эти два направления стали развиваться как самостоятельные области программирования. Рассмотрим более подробно frontend-разработку как наиболее близкую с визуальной точки зрения для простого пользователя.

Изначально frontend основывался лишь на технологии языка гипертекстовой разметки (HTML). Далее с развитием технологий появились каскадная таблица стилей (CSS) и язык программирования JavaScript. Это основы, на которые стали накладываться различные надстройки для упрощения процесса разработки.

Согласно [1], можно выделить несколько категорий инструментов, которые необходимы для полноценной разработки крупных web-систем (рис. 1).

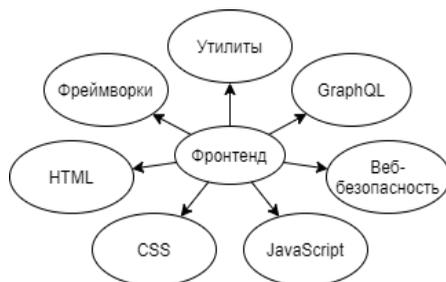


Рис. 1. Категории frontend-инструментов

Рассмотрим более детально данные категории (таблица).

Все инструменты, отраженные в таблице, можно разделить на несколько категорий: языки программирования и средства разработки, утилиты для разработки и средства обеспечения безопасности.

Рассмотрим более детально средства разработки.

HTML является основным инструментом для построения каркаса web-страницы посредством разметки.

CSS помогает стилизовать элементы, задает им визуальные характеристики. Надстройкой над самим CSS, упрощающей процесс разработки с помощью особых конструкций, является препроцессор. Например, препроцессоры имеют свойство иерархической вложенности, что напоминает структуру HTML, это делает код более понятным и читабельным. Также стоит отметить CSS-библиотеку «Styled Components». Она предназначена для написания CSS-кода, который

ограничен одним компонентом. При его использовании стили пишутся прямо в JavaScript, используя тегированные шаблонные строки.

### Подразделы категорий frontend-инструментов

Характеристика категорий	
Категория	Подразделы
HTML	Семантические элементы
	Формы и валидация
	Основы SEO
CSS	Layouts (Floats, позиционирование, отображение, блочная модель, CSS Grid, Flexbox)
	Медиа-запросы
	Архитектура (BEM, OOCSS, SMACSS)
	Препроцессоры (Sass, PostCSS, Less)
JavaScript	Синтаксис и базовые конструкции
	DOM
	Fetch APU / Ajax (XHR)
	ES5+ и модульный подход
	Веб-компоненты
Веб-безопасность	OWASP Security Risks
	CSP
	CORS
	HTTPS
Утилиты	VCS (Git, Сервисы для хостинга проектов – GitHub, GitLab, Bitbucket)
	Линтеры и формтеры (Prettier, ESLint, StandardJS)
	Сборка (task-раннеры – npm scripts, Gulp; бандлеры – Webpack, Rollup, Parcel)
	Менеджеры пакетов (npm, yarn)
Фреймворки	Vue.js(VueX)
	Angular(RxJS, NgRx)
	React.js(Redux, MobX)
GraphQL	Apollo
	Relay Modern

С помощью скриптового языка JavaScript строится функциональность сайта. JavaScript является слабо типизированным языком, поэтому со временем у него появилась надстройка в виде TypeScript – строго типизированный JavaScript. Язык TypeScript становится все более предпочтительным, так как имеет строгую типизацию.

В настоящее время любое приложение пишется с помощью библиотек или фреймворков, так как они расширяют возможности frontend-разработки и ускоряют процесс. Выделяют три популярных

инструмента: библиотека React, фреймворк Angular и Vue. На рис. 2 представлена статистика использования этих инструментов для написания приложений [3].

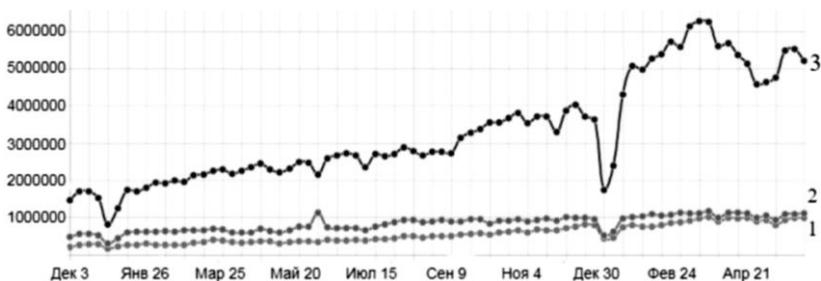


Рис. 2. Статистика использования JavaScript-фреймворков:  
1 – Vue; 2 – Angular; 3 – React

При работе с библиотеками и фреймворками полезно иметь понимание утилит. Одними из наиболее полезных утилит являются Webpack и Babel, так как с их помощью происходит сборка приложения и адаптация под различную среду.

Webpack используется для компиляции JavaScript-модулей. Он берет всё, от чего зависит проект, и преобразует это в статические ресурсы, которые могут быть переданы клиенту.

Babel – это транслятор, который, в основном, используется для преобразования конструкций, принятых в свежих версиях стандарта ECMA, в вид, понятный как современным, так и не самым новым браузерам.

Также важно помнить о веб-безопасности, которая была выведена ранее в отдельную категорию. С точки зрения пользователя это важно в связи с случаями кражи персональных данных. С точки зрения web-разработчика – повышение уровня защиты создаваемых им систем. Для обеспечения безопасности используются такие технологии, как совместное использование ресурсов между разными источниками (CORS), политика защиты контента (CSP).

Выше представлен обзор необходимых современных инструментов для полноценной frontend-разработки. Какие-то из этих технологий взаимозаменяемы. Перечень технологий широк, это предоставляет почти безграничное пространство для решения различного рода задач. Со временем стек технологий будет только расти.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Как стать фронтенд-разработчиком в 2021 году: дорожная карта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tproger.ru/articles/frontend-roadmap-2021/>, свободный (дата обращения: 12.01.2021).

2. 11 главных фронтенд-трендов на 2020 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nuancesprog.ru/p/6081/>, свободный (дата обращения: 12.01.2021).

3. Vue vs React vs Angular: какой фронтенд-фреймворк выбрать? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://proglib.io/p/vue-vs-react-vs-angular-kakoy-frontend-freymvork-vybrat-2020-08-03>, свободный (дата обращения: 12.01.2021).

УДК 004.42

## РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ «ПОМОЩЬ ВРАЧУ» НА ANDROID

*Т.С. Симонов, студент каф. АОИ*

*Научный руководитель Н.В. Зариковская, доцент каф. АОИ, к.ф.-м.н.  
г. Томск, ТУСУР, tim.sim4@yandex.ru*

Рассматривается реализация мобильного приложения для медицинских организаций на языке Kotlin, содержащего 12 медицинских калькуляторов.

**Ключевые слова:** мобильное приложение, разработка под Android, медицинский калькулятор.

В современном мире человеку приходится сталкиваться с огромными объемами информации. Однако развитие технологий позволяет легко получать к ней доступ, когда это необходимо, и, следовательно, концентрироваться не на запоминании информации, а на ее понимании и анализе. Врачу во время работы необходимо оперировать многими знаниями. В то же время некоторые аспекты медицинской деятельности формализованы, поэтому вычисления могут проводиться на электронном устройстве. Данное приложение направлено на ускорения работы врача по обработке результатов исследований. Предполагается, что достаточно будет ввести исходные данные и получить результаты расчетов, которые далее будут интерпретироваться врачом.

В настоящий момент для реализации мобильного приложения для медицинских организаций сформированы требования по 12 медицинским калькуляторам, при помощи которых врач сможет по введенным данным получать числовые оценки состояния пациента и соответствующее им заключение.

Расчет показателей антропометрии производится по введенным полу, росту, массе тела, а также окружностям груди, запястья, талии и бедер. Пользователю демонстрируются результаты расчета индекса массы тела, идеальной массы, рекомендуемой массы и отношение окружности талии к окружности бедер. Численные результаты сопровождаются заключениями врача.

Критерии Веллса для оценки вероятности тромбоза легочной артерии (ТЭЛА) [1] рассчитываются путем подсчета баллов, назначаемых за наличие у пациента каждого из семи критериев. В зависимости от суммы баллов больному присваивается низкая, средняя или высокая вероятность ТЭЛА.

Оценка комы по шкале Глазго [2] производится путем подсчета баллов, начисляемых за открывание глаз, речевую и двигательную реакцию. Результатом являются сумма баллов и заключение.

Для оценки активности системной красной волчанки с помощью индекса SELENA-SLEDAI [3] предлагается перечень критериев с описанием, каждому соответствует определенное количество баллов. Пользователь выбирает критерии, соответствующие состоянию больного. Результатом является сумма баллов и заключение.

Расчет предполагаемой даты родов представлен в двух вариантах: по дате последней менструации и данным УЗИ. Результатом является предполагаемая дата родов.

Для оценки тяжести инсульта по шкале национальных институтов здоровья США [4] пользователю предлагается ряд критериев, по которым необходимо оценить пациента. Для некоторых из них предусмотрена демонстрация вспомогательных материалов. Результатом является интерпретация суммы баллов.

Для получения индекса активности и тяжести анкилозирующего спондилита (BASDAI) пользователю предлагается 6 вопросов, каждый из которых нужно оценить по шкале от 1 до 10.

Для расчета индекса охвата и тяжести псориаза (PASI) [5] предлагается ввести процент поражения, тип и степень выраженности для каждой части тела. Общая PASI получается сложением отдельных частей.

Чтобы получить оценку степени инвалидизации после инсульта по шкале Рэнкина, на экране выводится перечень описаний состояния пациента. В зависимости от выбранного ответа выводятся число баллов, степень инвалидизации и ее характеристика.

Для оценки рисков кардиохирургического вмешательства EuroSCORE [6] необходимо выбрать возрастной промежуток пациента, его пол и отметить критерии из списка, которые соответствуют состоянию пациента. Каждому показателю соответствует определенное количество баллов. Также рассчитывается вероятность летального исхода.

Определение объема щитовидной железы по УЗИ происходит при помощи тиреокалькулятора. Объем рассчитывается по введенным

пользователям длины, ширины и глубины каждой доли. Выводится объем каждой доли по отдельности и щитовидной железы в целом.

Для оценки рисков острого коронарного синдрома по шкале GRACE (Global Registry of Acute Coronary Events) [7] необходимо сделать выбор одного пункта по каждому из представленных клинических признаков. Каждому признаку соответствует определенное количество баллов, которые суммируются и конвертируются в низкий, средний и высокий риск.

Разработка проекта осуществляется на языке программирования Kotlin [8]. Для проектирования приложения выбран архитектурный паттерн Model-View-ViewModel (MVVM). Валидация полей производится при помощи регулярных выражений. Технология Data Binding помогает организовать работу View, связывая ее с ViewModel. Также для организации передачи данных между компонентами экрана используется архитектурный компонент LiveData [9]. На рис. 1, а представлен прототип экрана, работа которого основана на вводимых числовых данных. Работа калькулятора, представленного на рис. 1, б основана на подсчете баллов при выборе критериев, соответствующих состоянию пациента.

Sketch 9:41 AM 100%

← Калькулятор ☆

**Определение уровня основного обмена (УОО) по Харрису - Бенедикту**

Мужчина  Женщина

Возраст (лет)

37

Рост (см)

Введите рост

Вес (кг)

Введите вес

Рассчитать

Очистить форму

а

Sketch 9:41 AM 100%

← Калькулятор ☆

**Оценка активности системной волчанки (индекс Sclera Sledal)**

Судорожные приступы  
Исключить метаболические, инфекционные, лекарственные причины

Психоз  
Исключить уремию, лекарственные причины

Синдром органического поражения головного мозга  
Исключить уремию, лекарственные причины

Рассчитать

Очистить форму

б

Рис. 1. Пример экранов калькулятора

В результате выполнения работы было разработано мобильное приложение, включающее в себя 12 медицинских калькуляторов. Данная разработка в перспективе будет внедряться в медицинские организации. Ожидается, что она позволит сократить время, которое врач тратит на обработку результатов обследования пациента.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шкалы оценки вероятности возникновения ТЭЛА. Медицинский клуб [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://medical-club.net/shkaly-ocenki-veroyatnosti-vozniknoveniya-tela/>, свободный (дата обращения: 8.03.2021).
2. Оценка тяжести травмы: обзор наиболее часто используемых систем для оценки тяжести повреждений у травматологических больных / А. Карлбаер, Р. Вайдке // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – М. – 2003. – № 3. – С. 16–19.
3. Асеева Е.А., Соловьев С.К., Насонов Е.Л. Современные методы оценки активности системной красной волчанки // Научно-практическая ревматология. – 2013. – № 2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyye-metody-otsenki-aktivnosti-sistemnoy-krasnoy-volchanki> (дата обращения: 08.03.2021).
4. Шкала инсульта Национального института здоровья (NIHSS) – описание методики, фотографии, стоимость [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://volynka.ru/Diagnostics/Details/206>, свободный (дата обращения: 08.03.2021).
5. Индекс PASI (Psoriasis are and severity index) в оценке клинических проявлений псориаза / А.А. Кубанов, А.Э. Карамова, Л.Ф. Знамнская, В.В. Чикин, В.В. Кондрашова // Вестник дерматологии и венерологии (Москва). – 2016. – № 4. – С. 33–38.
6. Современный подход к стратификации риска кардиохирургических операций по шкалам EuroScore и EuroScore II / А.Н. Шонбин, Д.О. Быстров, А.С. Заволожин, Б.Л. Дуберман, М.В. Елизаров, М.А. Ярковой // Экология человека. – 2012. – № 3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyy-podhod-k-stratifikatsii-riska-kardiohirurgicheskikh-operatsiy-po-shkalam-euroscore-i-euroscore-ii> (дата обращения: 07.03.2021).
7. Алиева М.Г. Стратификация риска, регистры и прогностические шкалы при остром коронарном синдроме // Юг России: экология, развитие. – 2017. – № 3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/stratifikatsiya-riska-registry-i-prognosticheskie-shkaly-pri-ostrom-koronarnom-sindrome> (дата обращения: 07.03.2021).
8. Язык программирования Kotlin [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kotlinlang.ru/>, свободный (дата обращения: 05.03.2021).
9. Сарматин А.М. Современный подход к реализации архитектурного паттерна в Android-приложениях // Электронные библиотеки. – 2020. – Т. 23, № 5. – С. 1058–1075. DOI: <https://doi.org/10.26907/1562-5419-2020-23-5-1058-1075>.
10. LiveData/Android 开发者 | Android Developers [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://developer.android.google.cn/reference/android/arch/lifecycle/LiveData?hl=ru>, свободный (дата обращения: 05.03.2021).

## ОБЗОР МЕТОДИК АТМОСФЕРНОЙ КОРРЕКЦИИ СПУТНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

*Д.С. Смирнов, студент каф. АСУ*

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

Рассмотрены методы атмосферной коррекции и их программные реализации. Проведен сравнительный анализ программных реализаций.

**Ключевые слова:** DOS, SIAC, MAJA, Sen2Cor, Sentinel-2, Landsat-8, MACCS, ATCOR.

На данный момент достаточно существенной является проблема получения достоверной информации о состоянии подстилающей поверхности Земли. Одним из ее аспектов является правильная оценка коэффициентов отражения почвы и растительности, которая участвует в расчете вегетационного индекса. Так, например, коэффициент отражения и излучения листьев растений или почвы связан со спектральными особенностями, которые связаны с содержанием воды. Полевые измерения возможны, но длительны и не всегда точны, поэтому возможность атмосферной коррекции изображений спутников с использованием различных алгоритмов является важной и крайне актуальной задачей.

Существует множество методов и программных модулей, которые их реализуют. В данной работе были рассмотрены методы DOS, SIAC, ATCOR, Sen2Cor и соответствующие им программные модули `dark-object-subtraction.py` [1], SIAC [2], MAJA [3] и Sen2Cor [4], а также проведено их сравнение.

Метод **DOS** (вычитание «темного фона») производит коррекцию атмосферной дымки на снимке, используя значение темного объекта на исследуемой поверхности в качестве значения спектральной плотности энергетической яркости (СПЭЯ). Значение дымки вычитается из СПЭЯ на верхней границе атмосферы [5]. Одной из реализаций данного метода является программный модуль `dark-object-subtraction.py`, реализованный на языке Python. Его входными параметрами являются:

- `red_path`, `green_path`, `blue_path` – массивы красного, зеленого и синего спектров растрового изображения соответственно;
- `model` – относительное атмосферное рассеяние [число];

Модель Rayleigh утверждает, что относительное рассеяние обратно пропорционально четвертой степени длины волны. Модель Mie

использует первую степень для умеренного рассеяния. Соответственно, в данном модуле параметр `model` принимает значения от  $-4$  до  $-0,5$ .

Подход **SIAC** используется для совмещения результатов нескольких наблюдений за поверхностью Земли независимо от используемых датчиков. Для его работы используются двулучевая функция отражательной способности (BRDF) и состав атмосферы в виде оптической толщины аэрозоля (AOT) и общего столбчатого водяного пара (TCWV) по данным наблюдений за коэффициентом отражения от верхних слоев атмосферы (TOA) [6].

Программная реализация данного подхода, представленная публично [2], написана на языках Python и C, что предполагает повышенную производительность по сравнению с программным комплексом для прошлого метода. Данный модуль не требует особых приготовлений к работе. Для его использования достаточно передать путь к снимкам, требующим обработки, к подключаемым функциям `SIAC_S2` и `SIAC_L8` для Sentinel-2 и Landsat-8 соответственно.

Программное обеспечение **MAJA** основано на процессоре уровня 2A под названием MACCS (мультисенсорная атмосферная коррекция и фильтрация облаков) и методе ATCOR (атмосферная и топографическая коррекция). Обработка данным методом складывается из суммарного сигнала на датчике по яркости пути и отраженного излучения [7]. Программный модуль MACCS является коммерческим и содержит в себе множество методов коррекции, информация о которых скрыта. Совместная работа авторов данного модуля и метода привела к созданию программного комплекса MAJA, который представлен в открытом виде и для своей работы использует следующие входные параметры:

- `герWork`, `герGipp` – каталоги для временных файлов и для Gipp-наборов соответственно;
- `герMNT`, `герRAW` – каталоги для хранения DTM в формате Maja и необработанные архивы DTM соответственно;
- `герL1`, `герL2` – место для данных L1C и L2A соответственно;
- `exeMaja` – место хранения исполняемого файла Maja;
- `герCAMS` – место хранения данных CAMS (служба мониторинга атмосферы Copernicus);
- `герGSW` – необработанные файлы водяных масок [.tif];

Программный модуль **Sen2Cor** выполняет коррекцию атмосферы, рельефа и перистых облаков уровня 1C в верхней части атмосферы. Он является наиболее продвинутым из представленных в данной работе и наиболее легко используемым, поскольку данное ПО разра-

батывается непосредственно ESA (Европейское космическое агентство). В открытых источниках отсутствует информация обо всех используемых методах, но среди внутренних скриптов можно обнаружить упоминания метода ATCOR. Чтобы использовать данный модуль, его необходимо установить и при запуске передать в качестве параметра снимок Sentinel-2, которому требуется атмосферная коррекция.

Сравнение описанных методов и программных модулей, созданных на их основе, представлено в таблице.

**Сравнение характеристик программных модулей**

Характеристики	Программные модули			
	dark-object-substraction.py	SIAC	MAJA	Sen2Cor
Методы	DOS	SIAC	ATCOR и др.	ATCOR и др.
Открытый исходный код	Да	Да	Частично	Нет
Используемые языки	Python – 100%	C – 66%, Python – 33%	C++ – 70% Python – 30%	Неизвестно
Сложность использования	Средняя	Низкая	Высокая	Низкая
Точность коррекции	Низкая	Средняя	Средняя	Высокая

Таким образом, учитывая сложность использования программных модулей в виде поиска дополнительных источников для параметров, а также открытости исходного кода становится возможным выбор подходящей реализации метода атмосферной коррекции.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. perrygeo/dark-object-substraction.py [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gist.github.com/perrygeo/27eb3226776ea598cd6fd46aef589d5f>, свободный (дата обращения: 07.03.2021).
2. MarcYin/SIAC [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/MarcYin/SIAC>, свободный (дата обращения: 07.03.2021).
3. CNES/MAJA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/CNES/MAJA>, свободный (дата обращения: 07.03.2021).
4. Sen2Cor [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://step.esa.int/main/snap-supported-plugins/sen2cor/>, свободный (дата обращения: 07.03.2021).
5. Оценка погрешности расчета NDVI при использовании эмпирических методов учета влияния атмосферы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://russianspacesystems.ru/wp-content/uploads/2017/03/2s24.pdf>, свободный (дата обращения: 07.03.2021).
6. A sensor-invariant atmospheric correction method: application to Sentinel-2/MSI and Landsat 8/OLI [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://eartharxiv.org/repository/view/1034/>, свободный (дата обращения: 08.03.2021).

7. Atmospheric & Topographic Correction (ATCOR) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.satimagingcorp.com/services/atcor/>, свободный (дата обращения: 08.03.2021).

УДК 004.91

## **РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ УЧЕТА ПОСЕЩАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ**

*Е.М. Суберляк, студент каф. КСУП*

*Научный руководитель Н.Ю. Хабибулина, доцент каф. КСУП, к.т.н.  
г. Томск, ТУСУР, каф. КСУП, [suberlyake@gmail.com](mailto:suberlyake@gmail.com)*

Рассмотрен вопрос о необходимости разработки мобильного приложения учета посещаемости студентов.

**Ключевые слова:** мобильное приложение, журнал посещаемости.

В наше время электронные носители информации все больше развиваются и совершенствуются и все больше и интенсивнее вытесняют своего бумажного конкурента. Цифровые носители более компактны, удобны в использовании, могут хранить большее количество данных, у них есть возможность изменения данных, и еще целый ряд существенных преимуществ.

Целью данной работы являются: ознакомление с инструментарием разработки, описание концептуальной модели приложения, а также рассмотрение аналогов и их недостатков.

Поставленные задачи можно распределить на следующие три этапа разработки.

Первый этап – обучение разработке мобильных приложений, ознакомление с методами их создания. Для достижения поставленной задачи необходимо исследовать всевозможные источники информации, например специальную и научно-популярную литературу, ознакомиться с соответствующими сетевыми ресурсами или же с готовыми информационными продуктами.

Вторым этапом является составление диаграммы прецедентов.

Use-Case-диаграмма – это диаграмма прецедентов, которая позволяет описать концептуальную составляющую системы.

Третьим этапом будет изучение уже существующих аналогов мобильного приложения и выявление существующих недостатков.

Для разработки мобильного приложения необходимы следующие компоненты: IntelliJ IDEA, Java, смартфон с ОС Android, а также база данных.

IntelliJ IDEA – это среда разработки программного обеспечения, в которой есть множество различных инструментов программирования, а также присутствует система версионного контроля. Она поддерживает множество языков программирования [1].

Разработка будет проходить на языке Java.

Java является одним из самых популярных языков программирования. Он также считается довольно громоздким языком программирования и по этой причине трудно читаемым. Java это быстрый и надежный язык программирования, обладающий высоким уровнем защиты [2].

Были рассмотрены аналоги приложения, и у большинства были довольно смешанные отзывы, в большей мере касающиеся юзабилити приложения или же посредственной реализации.

На рис. 1 представлен аналог приложения учета посещаемости.

Группа		Дисциплина							
ЕТ-01-1   МП - Микропроцессорная техника   Лк									
№	Ф.И.О.	Лк 1 18.08.2014	Лк 2 20.08.2014	Лк 3 21.08.2014	Лк 4 22.08.2014	Лк 5 24.08.2014	Лк 6 25.08.2014	Лк 7 26.08.2014	КР 1 27.08.2014
1	Гайдукова В.В.	+							8
2	Галкина В.А.								5
3	Галкина В.К.								9
4	Гейнер В.Е.			н	н				8
5	Горбунов В.В.	Заметка							8
6	Горбунова В.Н.	Длинн...							8
7	Горбунова В.Н.	Очень...		н					9
8	Горшкова В.Н.								

Рис. 1. Приложение «Журнал преподавателя»

На рис. 2 представлена диаграмма прецедентов мобильного приложения.

В данной работе было проведено ознакомление с инструментарием разработки, представлена концептуальная модель приложения, а также были рассмотрены аналоги приложения и выявлены возможные недостатки мобильных приложений, которые, возможно, могли бы воспрепятствовать потенциальному пользователю приобрести данное приложение.

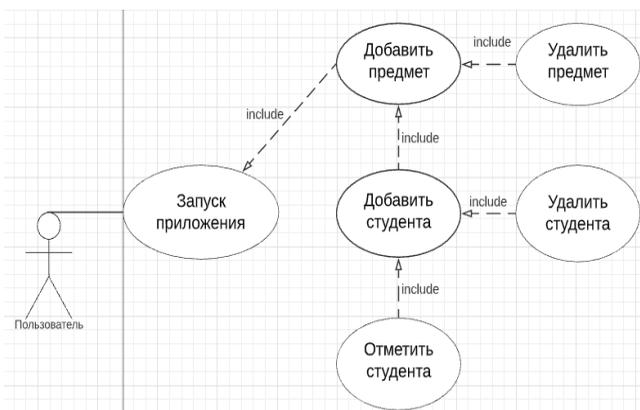


Рис. 2. Диаграмма прецедентов

Данные недостатки мобильных приложений были учтены при постановке задачи на разработку мобильного приложения учета посещаемости студентов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. JetBrains IntelliJ IDEA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://itpro.ua/product/jetbrains-intellij-idea/?tab=description> (дата обращения: 20.03.2021).
2. Что такое Java и каково ее применение? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.java.com/ru/download/help/whatis\\_java.html](https://www.java.com/ru/download/help/whatis_java.html) (дата обращения: 20.03.2021).

УДК 004.652.8

### КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ БАЗЫ ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ И РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

*Т.В. Толстов, Н.А. Куприянов, Д.Ж. Утепов, студенты  
Научный руководитель И.К. Харченко, аспирант каф. ЭМИС  
г. Томск, ТУСУР, hatand@bk.ru*

*Проект ГПО ЭМИС-2004 «Информационный сервис  
идентификации и распознавания изображений»*

Обозначены необходимые требования к базам данных, представлена концепция структуры базы данных для реализации и полноценной работоспособности информационной системы идентификации и распознавания изображений.

**Ключевые слова:** база данных, хранение данных, информационный сервис, работа с изображениями.

Важной составляющей полноценной информационной системы является база данных (БД) – именованная совокупность данных, отражающая состояние объектов и их отношений в рассматриваемой предметной области [1]. Под предметной областью подразумевается некоторая область человеческой деятельности или область реального мира, на основе которой создаётся БД и её структура. В данном случае предметной областью является работа с изображениями, а именно их распознавание и идентификация.

К современным БД предъявляются следующие основные требования [2]:

- высокое быстродействие;
- независимость данных – возможность изменения логической и физической структуры БД без изменения представления пользователя;
- совместное использование данных многими пользователями;
- безопасность данных;
- стандартизация построения и эксплуатации БД.

Во время проектирования БД необходимо предусмотреть:

- обеспечение хранения в БД всей необходимой информации;
- обеспечение возможности получения данных по всем необходимым запросам;
- минимизацию избыточности и дублирование данных;
- обеспечение целостности данных – исключение противоречий в содержании данных, потерь данных и т.п.

На основе вышеизложенных требований поставлена цель данной работы – проектирование концептуальной схемы БД для информационного сервиса идентификации и распознавания изображений. Для реализации поставленной цели выделен набор сущностей, представленный в таблице.

#### **Набор сущностей БД для информационного сервиса идентификации и распознавания изображений**

Сущность	Описание
images	Хранение пути к изображению
hash	Хранение хеша изображения
image_hash	Хранение информации об изображении и хеша изображения
image_content	Хранение метайнформации об изображениях

Стоит уточнить, что сущность image\_hash сопоставляет конкретное изображение к конкретному хешу [3], так как хеши для разных изображений или для одинаковых изображений разных размеров могут дублироваться. Сущности hash и image\_hash используются при

поиске методом перцептивных хешей [4]. При распознавании изображений с помощью нейронных сетей сущность `image_content` является источником данных.

На рис. 1 представлена логическая модель БД для информационного сервиса идентификации и распознавания изображений в виде ER-диаграммы.

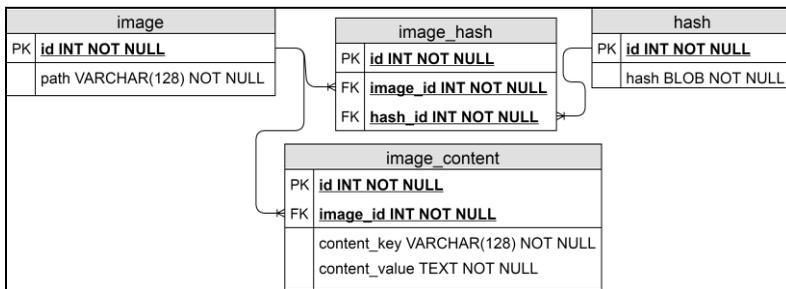


Рис. 1. Логическая модель БД для информационного сервиса идентификации и распознавания изображений в виде ER-диаграммы

В результате проектирования реализована концептуальная модель БД для информационного сервиса идентификации и распознавания изображений. Данная модель БД обеспечит полноценную работоспособность вышеуказанного информационного сервиса, позволит хранить данные в соответствии с основными требованиями, предъявляемыми к БД.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Что такое база данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.oracle.com/ru/database/what-is-database/>, свободный (дата обращения: 22.02.2021).
2. Основные принципы построения баз данных, проблемы хранения больших объемов информации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sites.google.com/site/gosyvmkss12/bazy-dannyh/1-osnovnye-principy-postroenia-baz-dannyh-problemy-hranenia-bolsih-obemov-informacii>, свободный (дата обращения: 25.02.2021).
3. Хеши: определение типа, подсчет контрольных сумм, нестандартные и итерированные хеши [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hackware.ru/?p=4809>, свободный (дата обращения: 01.03.2021).
4. «Выглядит похоже». Как работает перцептивный хеш / Хабр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/120562/>, свободный (дата обращения: 04.03.2021).

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РАЦИОНАЛИЗАТОРСКИМИ ПРЕДЛОЖЕНИЯМИ**

*С.В. Коновалов, Р.С. Кульшин,*

*Г.А. Волокитин, студенты каф. АСУ*

*Научный руководитель П.В. Сенченко, доцент каф. АОИ, к.т.н.  
г. Томск, ТУСУР, sniperaft@gmail.com*

Рассматривается разработка информационной системы для управления рационализаторскими предложениями, ее актуальность, а также проблемы, решаемые данной системой.

**Ключевые слова:** мобильное приложение, веб-приложение, flutter, dart, рационализаторские предложения.

Рационализаторские предложения – это предложения производственно-технического характера, которые позволяют улучшить производство за счет внедрения нового оборудования, использования экологичных материалов и технологий при производстве, что позволяет предприятиям экономить миллионы рублей.

На текущий момент у большинства предприятий процесс подачи, рассмотрения и принятия рационализаторских предложений представляет собой полностью ручную и бумажную работу. Это замедляет процесс внедрения новых предложений. Сотрудники не заинтересованы в том, чтобы что-то предлагать, так как из-за отсутствия контроля начальство часто присваивает их заслуги себе, получая за это вознаграждение. Головному аппарату трудно отслеживать внедрения в филиалах, из-за чего внедрения носят чаще всего локальный характер.

Разрабатываемая информационная система представляет собой мобильное приложение для ОС Android и ОС iOS для сотрудников предприятия и веб-приложения для ответственных за рационализаторские предложения менеджеров, директоров филиалов.

Данная информационная система полностью избавляет предприятие от ручной и бумажной работы. Процесс подачи рационализаторского предложения сводится к процессу заполнения простых форм.

Интерфейс создания рационализаторского предложения изображен на рис. 1. Автору предложения предлагается описать положение на предприятии в текущий момент, описать предлагаемое решение и ожидаемый эффект, выбрать категорию, к которой относится рационализаторское предложение.

Система антиплагиата позволяет избежать дублирования заявок. Система антиплагиата реализована с помощью алгоритма Ливенштейна. Это алгоритм поиска расстояния между двумя символами.

Четкая система разделения ролей на сотрудника, менеджера и директора позволяет избежать кражи идей. Каждая созданная заявка попадает в общий банк идей предприятия и доступна для обсуждения сотрудниками, что позволяет более детально проработать идею. Менеджеры же могут отслеживать заявки, производить их анализ, менять их статусы. Статусы помогают сотрудникам отслеживать процесс рассмотрения их заявок. Директора головных центров с помощью интерактивной карты могут отслеживать принятые предложения, получать оперативную информацию о том, как то или иное предложение прижилось на конкретном предприятии.

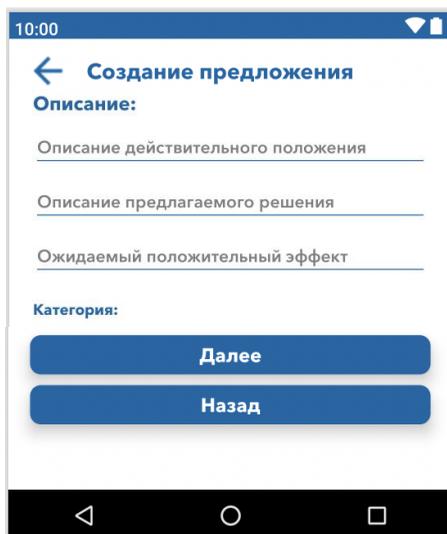


Рис. 1. Интерфейс создания рационализаторского предложения

Данная информационная система разрабатывается с помощью кроссплатформенной технологии Flutter на языке программирования Dart. Данная технология позволяет сократить расходы на создание информационной системы, так как один код пишется сразу по все платформы. Для хранения данных используется СУБД PostgreSQL.

Внедрение разрабатываемой информационной системы позволит:

- увеличить вовлечение сотрудников в процесс создания рационализаторских предложений;
- полностью отказаться от бумажной работы;
- увеличить скорость взаимодействия между подразделениями;
- увеличить количество предложений;
- ускорить тиражирование предложений;

– пресекать кражи и дублирование предложений.

После запуска системы планируется получить обратную связь от предприятий для дальнейшей модификации и доработки системы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Заметти Ф. Flutter на практике. Прокачиваем навыки мобильной разработки с помощью открытого фреймворка от Google / Ф. Заметти, А.С. Тищенко, Д.А. Мовчин. – М.: ДМК-Пресс, 2020.

2. Введение в язык Dart [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://metanit.com/dart/tutorial/1.1.php> (дата обращения: 12.02.2021).

3. Postgres: первое знакомство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://postgrespro.ru/education/books/introbook> (дата обращения: 14.02.2021).

4. Рационализаторское предложение по снижению отходов производства: рассчитываем экономический эффект [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.profiz.ru/se/9\\_2017/ispolzuem\\_othody/](https://www.profiz.ru/se/9_2017/ispolzuem_othody/) (дата обращения: 10.02.2021).

УДК 004.921

### РАЗРАБОТКА 2D-ПЛАТФОРМЕРА НА ИГРОВОМ ДВИЖКЕ UNITY

*Н.Е. Залогин, студент каф. АОИ*

*Научный руководитель Т.О. Перемитина, доцент каф. АОИ, к.т.н.  
г. Томск, ТУСУР, zalogin.nikita@mail.ru*

Описан процесс реализации 2D-платформера на игровом движке Unity, в частности, создание уровня с прописанной игровой логикой, игровым персонажем, противником и неигровым персонажем. Рассмотрена реализация функции боя, диалога и взаимодействия с объектами.

**Ключевые слова:** игра, 2D-платформер, Unity.

Видеоигры стали неотъемлемой частью культуры человечества. С каждым годом популярность компьютерных игр растет, а вместе с ней и актуальность. Рынок игр увеличивается в геометрической прогрессии. Самые удачные проекты продаются миллионными тиражами и приносят студиям-разработчикам немалую прибыль [1].

Целью данной работы является разработка компьютерной 2D-игры в жанре платформер в средневековой тематике, игры этого жанра выходят и по сей день и пользуются большой популярностью [1, 2]; Создание уровня с прописанной игровой логикой, игрового персонажа, противника и неигрового персонажа; также реализация функции боя, диалога и взаимодействия с объектами.

Согласно созданному концепту, игра связана со средневековой тематикой и выполнена в 2D-формате. Геймплей состоит из убийства врагов, поиска сундуков с расходными материалами и небольших диалогов. Целью игры является пройти короткий уровень. Главный герой (ГГ) может бегать, прыгать по платформам, наносить удары с определенной периодичностью по встречающимся врагам, блокировать их удары или уворачиваться от них с помощью переката, проводить диалоги с неигровыми персонажами (НПС).

Для данной работы выбраны уже готовые ассеты в официальном магазине Unity. Из выбранных ассетов формируются спрайты декоративных объектов и кадровые анимации персонажей. С помощью выбранных ассетов формируется игровой уровень с различными декоративными объектами, ГГ и врагами. Созданный уровень показан на рис. 1.



Рис. 1. Вид уровня из редактора Unity

Также для правильного взаимодействия ГГ, НПС и врагов с уровнем добавлены компоненты `BoxCollider2D` (коллайдер, используемый при работе с 2D-физикой).

Описание механики игры на языке программирования является важнейшим этапом создания игры. Для описания состояний и действий как ГГ, так и врагов написан специальный скрипт. Для врагов также существует некоторый шаблон поведения, в общих чертах логика которого такова: враг патрулирует некоторую территорию относительно игрового объекта (некой точки), если игрок заходит в зону видимости врага, то он начинает его преследование и атаку в случае достаточной близости (стоит отметить, что враг подходит на определенное расстояние от гг, а не стремится достичь его точного местонахождения, что привело бы к нахождению врага за текстурой ГГ), если же игрок удаляется дальше поля зрения врага, то тот прекращает преследование и возвращается к своей территории патрулирования.

Механика боя подразумевает наличие здоровья у объектов и возможность получения ими урона, для этого существует специальный класс, описывающий получение урона объектами, которые его насле-

дуют, в нем также хранятся показатель здоровья и условие, когда этот показатель падает ниже нуля. Для регистрирования атаки существует скрипт, который при нажатии кнопки проверяет пересечение области атаки и коллайдера объекта, если такое условие выполнено, то он вызовет функцию получения урона у объекта, с которым произошло пересечение. Для реализации эффекта параллакса присутствует скрипт, который передвигает с определенной скоростью каждый слой при передвижении ГГ, а также переставляет спрайты при необходимости, создавая эффект непрерывности.

Возможность вести диалог с НПС включает в себя несколько скриптов, которые отвечают за вызов окна диалога, хранение текста сообщений, перелистывание сообщений и закрытие окна диалога. Диалоги и взаимодействия с некоторыми объектами на сцене осуществляются через скрипт, который вызывает необходимую функцию при нажатии клавиши в зависимости от того, в какой коллайдер вошел ГГ. Для того чтобы реализовать некоторый сюжет, был написан скрипт, который при убийстве трёх определенных врагов убивает НПС и создает объект врага, изменяя его характеристики, а при его убийстве вызывает завершение уровня.

На рис. 2 изображена готовая игра – 2D-платформер.



Рис. 2. Готовая игра

В результате выполнения данной работы была реализована игра в жанре 2D-платформер. В частности, созданы уровень с прописанной игровой логикой, игровой персонаж, противник и неигровой персон

наж. Также реализованы функции боя, диалога и взаимодействия с объектами. В перспективе есть возможность расширения проекта путем увеличения количества диалогов, механик и уровней, а впоследствии и его распространения на популярных платформах на коммерческой или бесплатной основе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Плоскость восприятия: плюсы и минусы создания 2D-игр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ssl.stu.neva.ru/psw/crypto.html>, свободный (дата обращения: 05.03.2021).

2. Статья – Платформер [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Платформер>, свободный (дата обращения: 06.03.2021).

УДК 004.4'234

### ПРИМЕНЕНИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ ХРАНИЛИЩ В ПОСТРОЕНИИ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ

*Е.Е. Завьялова, студентка каф. АОИ*

*Научный руководитель О.И. Жуковский, доцент каф. АОИ, к.т.н.  
г. Томск, ТУСУР, LizZav2014@yandex.ru*

Рассмотрены основные типы хранения информации на стороне клиента и преимущества их использования. Описаны основные преимущества глобальных хранилищ, реализующих Flux-подход.

**Ключевые слова:** Redux, Vuex, Flux, React, Vue.

Веб-разработчик при использовании Vue и React часто сталкивается с вопросом организации хранения данных в приложении. Статичной информации становится все меньше, нагрузка на клиентов растет. Но не все необходимо записывать в базы данных. Хранение данных на стороне клиента – отличный вариант быстро повысить производительность и снизить нагрузку на сервер за счет того, что не нужно каждый раз скачивать информацию с сервера.

Хранилище – это объект, в котором хранятся состояния вашего приложения.

Внутреннее хранилище приложений часто недостаточно масштабируется, и удобнее все хранить в глобальном хранилище. Локальные хранилища ограничены и дают пользоваться только простой информацией, а более сложную удобнее хранить при помощи сторонних библиотек. Перемещение данных вверх по дереву DOM работает для небольших систем, в больших системах перемещать состояние значительно сложнее.

Как же понять какой тип хранилища использовать? Для часто меняющейся информации лучше использовать внутреннее хранилище,

например для раскрывающихся списков, фильтров и т.д. Такое решение позволит не писать для них действия, за счет чего размер системы не увеличится. Для редко меняющейся информации лучше использовать библиотеки управления состоянием. А также на это будет влиять частота использования различными компонентами. В случае большой вложенности передачи информации лучше использовать библиотеки управления состоянием, т.к. это позволит сократить количество кода и улучшить его читаемость. Библиотеки управления состоянием идеально подходят для средних и крупных сайтов, в них можно поместить все состояния, которые будут совместно использоваться компонентами, также оно способствует структурированности кода и облегчает отладку. Но глобальные хранилища не сохраняют информацию при перезагрузке страницы, поэтому необходимо записывать нужную информацию, например, в базу данных.

Библиотеки управления состоянием Redux и Vuex реализуют архитектурный подход Flux. Концепция однонаправленного потока данных применяется в данной архитектуре, и это делает поиск и исправление ошибок проще. Разработчики могут не беспокоиться о сложных данных, т.к. однонаправленные потоки проходят через диспетчер, а изменения в store не могут произойти сами по себе. Применение данного подхода позволяет снизить нагрузку на контроллер, поэтому можно не бояться за непредсказуемое поведение системы при больших потоках информации.

Когда поток данных однонаправлен, изменения в слое View влекут за собой изменения в слое данных [1]. Позже эти изменения будут отображены в View, этот компонент не влияет непосредственно на данные приложения. Взаимодействие компонентов в Flux-архитектуре представлено на рис. 1.

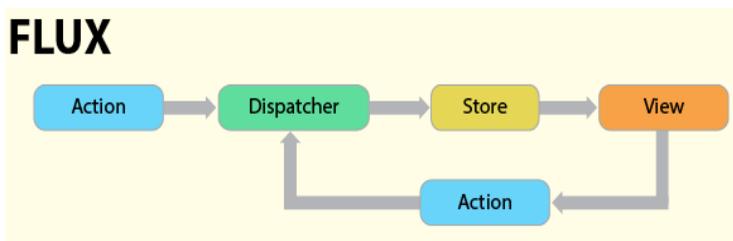


Рис. 1. Взаимодействие компонентов в Flux архитектуре

Компоненты Flux-архитектуры:

- Actions – передает данные в Dispatcher.
- Dispatcher – получает действия и передает нагрузку обработчикам.

- Stores – контейнеры для состояния приложения и бизнес-логики. Реальная работа сайта происходит в Stores.

- Controller Views – компоненты захватывают состояние из Stores, а затем передают дочерним компонентам [2].

Итак, View передает Action через Dispatcher, Dispatcher отправляет нагрузку в Store. Теперь Store необходимо обновить View, что, в свою очередь, вызывает действие.

Преимущества использования глобальных хранилищ, которые реализуют данный подход:

- реактивность и функциональность;
- упрощение структуры;
- облегченная поддержка;
- изменение состояния только предсказуемым образом.

Приложения, которые выполняют простые действия, не требующие взаимодействия с сервером, могут работать без подключения библиотек управления состоянием, но если система более сложная, то взаимодействия с глобальным хранилищем являются отличным решением. Применение Flux-архитектуры позволяет реактивно и эффективно обновлять систему. Такие библиотеки не могут полностью заменить серверную часть сайта, но они могут использоваться для добавления и удаления товара в корзине, для заполнения форм, для создания счетчиков и т.д.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Flux: Архитектура приложений на React.js – всестороннее исследование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://medium.com/@marina.kovalyova/flux-the-react-js-application-architecture-773f515d068d> (дата обращения: 06.03.2021).

2. Разбираемся с Flux, реактивной архитектурой от facebook [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/246959/> (дата обращения: 06.03.2021).

УДК 004.4'234

### СРАВНЕНИЕ ПОДХОДОВ ВЕБ-РАЗРАБОТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ REACT.JS И VUE.JS

*А.А. Носарева, студентка каф. АОИ*

*Научный руководитель Н.В. Зариковская, к.ф.-м.н.*

*г. Томск, ТУСУР, a.a.nosareva@yandex.ru*

Рассмотрены основные подходы реализации веб-приложений с использованием библиотеки React и фреймворка Vue.js.

**Ключевые слова:** React, Vue.

В современном мире веб-разработка становится популярным направлением. Одним из часто используемых языков программирования для реализации веб-приложений является JavaScript. Следствием этого стало появление множества фреймворков и библиотек, упрощающих реализацию проектов разного масштаба. К примеру, библиотека React и фреймворк Vue.js позволяют веб-разработчикам разрабатывать как одностраничные сайты, так и сложные веб-приложения. Создатели Vue.js определяют React как источник своего вдохновения, что делает эти инструменты похожими, многие пользователи отмечают серьезные различия между ними. Целью данной работы является проанализировать подходы к веб-разработке с использованием React и Vue.js.

Vue – самостоятельный проект, созданный Эваном Ю в 2014 г., однако сейчас он поддерживается и развивается полноценной командой разработчиков [1]. Основопологающей разницей в использовании React и Vue является функционал, предоставляемый данными инструментами без дополнительных ресурсов. Так, Vue имеет больше возможностей организации маршрутизации в приложении без установки дополнительных библиотек.

Также при сравнении фреймворков необходимо обратить внимание на синтаксис, с которым разработчик сталкивается непосредственно на протяжении реализации всего проекта. Vue поддерживает JSX-технологии, однако чаще используется шаблонный подход к написанию компонентов. Такой подход сохраняет схожесть с разметкой страниц на языке HTML, что делает код более структурированным и читаемым. Для связи данных и визуальной составляющей части Vue-компонента используются декораторы, что также облегчает читаемость кода.

Поскольку Vue.js был написан с использованием TypeScript, он может поддерживать этот язык внутри своих компонентов. Использование TypeScript позволяет сохранять ясность в ожидаемых данных при групповой разработке проекта и сокращает количество ошибок, связанных с типами данных.

В сообществе разработчиков принято стилизовать Vue-компоненты в этом же файле, используя тег `<style>`, атрибут `scoped` дает фреймворку инструкцию добавлять случайные примеси к названиям классов в итоговой CSS-инструкции, обеспечивая локальную видимость стилей.

Стоит отметить, что при использовании Vue.js настройка окружения проекта опциональна. Разработчики Vue позволили веб-разработчикам получать всю мощь своего фреймворка на одно-

страничных приложениях путем подключения скрипта к своей html-странице, используя одну строчку кода: `<script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/vue/dist/vue.js"></script>`.

Библиотека React создана разработчиками компании Facebook в 2013 г. и до сих пор поддерживается и развивается усилиями этой компании [2]. Этот инструмент позволяет создавать современные пользовательские интерфейсы, используя реактивный подход обновления данных.

При использовании React для настройки такого же функционала веб-приложения, что предоставляет Vue.js с исходными настройками, потребуется установить ряд библиотек, таких как `react-router` и др. Такое различие обусловлено тем, что разработчики React следуют концепции минимализма и позволяют разработчику добавить в свой проект только те инструменты, которые необходимы для реализации конкретного проекта. Однако для начинающих разработчиков такой подход может вызывать некоторые затруднения, что заставляет их сделать выбор в пользу Vue.js при выборе фреймворка для своего веб-приложения.

При анализе синтаксиса, используемого при создании веб-приложений, можно увидеть, что React использует `render`-функции для отрисовки компонентов в объектной модели документа. Чаще всего React-компоненты описываются с использованием технологии JSX, позволяющей совмещать JavaScript-код и XML-разметку в одном файле. Входные данные передаются в компонент при помощи `props`-ов. Методы жизненного цикла описываются в методах класса при использовании классовых компонентов или при помощи `React-hooks`, если разработчики используют функциональные компоненты.

Для стилизации компонентов в React-приложениях чаще всего используются импортируемые `css`-файлы или технологии, основанные на подходе `css-in-js`. Такой подход стилизации увеличивает количество файлов в проекте, а иногда требует подключения дополнительных библиотек.

Сравнение подходов разработки веб-приложений с использованием библиотеки React и фреймворка Vue.js позволяет сделать следующие выводы:

- Vue.js чаще характеризуется как инструмент, более предпочтительный начинающими разработчиками из-за возможности использования более простых технологий при реализации веб-приложений;
- ведущие разработчики проектов с частой сменяемостью состава команды разработки делают выбор в пользу Vue.js из-за более низкого порога вхождения в проект;

- минималистическая концепция React позволяет использовать только тот функционал разработки, который необходим в случае конкретного проекта.

Каждый фреймворк и библиотека диктуют собственные подходы к разработке с их использованием. Ошибки в выборе используемых технологий зачастую влекут большие затраты при переходе от одного фреймворка к другому уже на этапе разработки программного продукта. Поэтому стоит учитывать такие особенности на начальном этапе разработки веб-приложений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Vue.js: прогрессивный JavaScript фреймворк – всестороннее исследование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.vuejs.org/> (дата обращения: 15.03.2021).

2. React: библиотека JavaScript для создания пользовательских интерфейсов – всестороннее исследование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://reactjs.org/docs/getting-started.html> (дата обращения: 15.03.2021).

## **ПОДСЕКЦИЯ 3.8**

### **ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ПОДДЕРЖКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ**

*Председатель секции – Хабibuлина Н.Ю., доцент каф. КСУП, к.т.н.;*  
*зам. председателя – Потапова Е.А., ст. преп. каф. КСУП*

УДК 65.015

#### **ПЕРЕВОД ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ АУДИТА В УДАЛЕННЫЙ ФОРМАТ В ПЕРИОД COVID-19 НА ПРИМЕРЕ АМЕРИКАНСКОЙ КОМПАНИИ DELOITTE**

*А.Д. Исакова, студентка каф. УИ*

*Научный руководитель М.Н. Янушевская, доцент каф. УИ  
г. Томск, ТУСУР, Anastasia999isakova@gmail.com*

Рассмотрены основные тезисы организации деятельности компании при переходе на удаленный формат компании Deloitte.

**Ключевые слова:** компания, цифровизация, аудит, удаленная работа, организационный процесс, эффективность, деятельность.

В период пандемии большинство компаний столкнулось с тем, что удаленная работа стала единственным выходом для управления бизнесом с учетом вынужденных ограничений, связанных с COVID-19. Помимо основных процессов организации деятельности компании, в электронный формат были переведены и многие сопутствующие процедуры, так, например, проведение аудита стало возможно в онлайн-формате.

Подтверждением этому служит пример перехода на удаленную работу американской компании «Deloitte», специализированной на предоставлении аудиторских услуг и финансовых консультаций [1].

Оперативный переход компании «Deloitte» получился успешным в основном благодаря тому, что более десяти лет инвестировала в сферу программного обеспечения и цифровой модернизации компании. На основе своего опыта Deloitte выделили три тезиса, которые могут помочь другим компаниям ориентироваться в быстроменяющемся мире и совершить переход в онлайн-режим с минимальными потерями в сфере управления деятельности компании.

### **Выделение главных аспектов в организации деятельности.**

С удаленной работой проще справляться, когда вся организация имеет эффективное и хорошо отработанное управление проектами, процессами и технологическими возможностями. Управление проектами нацелено на ясность, сотрудничество, прозрачность и дальновидность. Чтобы осуществить это в цифровой среде, компания Deloitte предлагает обращать внимание на следующие аспекты:

- Использование облачного хранилища. Облачные вычисления предлагают виртуальное рабочее пространство для специалистов по всему миру. Профессионалы могут обмениваться идеями, отслеживать прогресс и вместе работать над единым источником точных данных асинхронно, по собственному расписанию или в режиме реального времени.

- Применение гибких методологий. Например, Agile – это способ работы, в котором основное внимание уделяется людям, а не процессу, с упором на итеративное планирование и поэтапное выполнение работы. Методология Agile стремится к достижению бизнес-целей и своевременному предоставлению результатов. Принципы гибкости, применяемые к встречам команды, могут поддерживать вовлеченность членов команды и их уверенность в том, что им нужно делать для неявного сохранения культуры организации.

- Использование аналитики и цифровой оценки рисков. Финансовые проекты, индивидуальные задачи и даже внутренний аудит уязвимы для таких проблем, как перерасход средств, несоблюдение сроков и невыполнение бизнес-требований или требований к качеству. Удаленная работа может легко усилить эти риски, поэтому крайне важно делать выводы о проектах и суждениях с помощью анализа данных, основанного на фактах.

Алгоритмы для анализа, выходы и визуализации в сочетании с автоматизированной и интеллектуальной панелью управления проектами могут помочь решить эту задачу.

**Адаптация работы в переносимый во времени и пространстве формат.** Когда физические рабочие места закрылись, многие организации поспешили создать виртуальные рабочие пространства, приложения для обмена сообщениями, видеоконференц-связь и другие инструменты для совместной работы. Но, как выяснили многие организации, технология – это не только обеспечение инфраструктуры для удаленной работы. На самом деле речь идет о создании самого будущего для самой работы.

- Акцент на оцифровке. Хотя некоторая информация, необходимая для проведения аудита, была преобразована в цифровой формат,

организации остаются на различных этапах своего собственного цифрового пути. Бумажные документы остаются обычным явлением во многих организациях. Необходимо осуществить целенаправленный толчок оцифровки для будущей эффективной работы в удаленной среде.

- **Актуализация набора инструментов.** Необходимо проанализировать набор приложений и других цифровых инструментов на предмет актуальности в формате удаленной работы. Для того чтобы сохранить эффективность рабочего процесса проведения аудита, возможно, стоит отказаться от привычных приложений и заменить их более функциональными аналогами.

- **Работа над данными.** С самого начала перехода специалисты должны разработать стратегию обработки данных, охватывающую архитектуру, безопасность, строгие правила согласованности и запланированные варианты использования информации как аудитором, так и клиентом. Данные должны быть защищены и постоянно оцениваться на предмет понимания и постоянного улучшения качества.

**Человеческий фактор в формате удаленной работы.** Удаленная работа, как правило, бросает вызов устоявшимся представлениям о том, что нужно, чтобы быть продуктивным и ценным. Организации могут упростить переход, подчеркнув следующее:

- **Уважение границ сотрудников и клиентов.** Быстрый темп и постоянная связь, обеспечиваемые онлайн-форматом, могут быстро стать нормой интенсивности для человека. На этом постоянно включенном фоне людям нужно уметь сделать паузу и сосредоточиться, чтобы сбалансированно выполнять свою работу.

- **Обеспечение четкого руководства.** Для успеха удаленной работы необходимы отношения доверия, открытого общения и четко определенных ожиданий, и целей. В момент перехода рабочая среда для сотрудника становится нестабильной и прямой разговор с руководством о реальности происходящего и его значении для человека, бизнеса и сообщества может помочь профессионалам снять часть стресса, связанного с неопределенностью.

Путь к цифровой трансформации не закончен, а во многих российских компаниях он только начинается. Возможности постоянно расширяются, но при этом риск непредсказуемых событий останется. Основываясь на опыте компаний, совершивших цифровизацию части или всей своей деятельности, можно адаптировать основные тезисы под российскую реальность и осуществить переход с оптимально эффективной стратегией управления и организацией рабочей деятельности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Deloitte US and our global network [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www2.deloitte.com/us/en/pages/about-deloitte/articles/about-deloitte.html?icid=bottom\\_about-deloitte](https://www2.deloitte.com/us/en/pages/about-deloitte/articles/about-deloitte.html?icid=bottom_about-deloitte) (дата обращения: 01.03.2021).
2. What COVID-19 has revealed about remote auditing [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/audit/articles/three-insights-for-remote-auditing.html> (дата обращения: 27.02.2021).

УДК 004.416.6

### **РЕФАКТОРИНГ ПРОГРАММЫ АНАЛИЗА ФАЙЛОВ ЖУРНАЛИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПАТТЕРНА MVVM**

*Н.А. Набережнев, Е.В. Кабанова, А.Р. Дзяй, студенты*

*Научные руководители А.Е. Горяинов, к.т.н., доцент;*

*А.А. Калентьев, к.т.н., доцент*

*г. Томск, ТУСУР, каф. КСУП, supovik@gmail.com*

*Проект ГПО КСУП-1807 «Разработка программного обеспечения  
в области радиоэлектроники-4»*

Представлена архитектура приложения для анализа файлов журналирования, переработанная с применением Windows Presentation Foundation (WPF) и паттерна проектирования Model-View-ViewModel (MVVM). Применение данного паттерна предусматривает разделение визуальной части приложения и его бизнес-логики, что позволяет упростить его дальнейшую поддержку.

**Ключевые слова:** WPF, C#, MVVM, рефакторинг приложений, журналирование.

Планирование, разработка и выпуск безусловно являются важнейшими этапами создания приложений. Но в большинстве случаев после сдачи проекта заказчику работа над программой не заканчивается. С течением времени она прирастает новыми функциями, старые подвергаются переработке, улучшается пользовательский интерфейс и т.д. Однако не всегда поддержка выпущенного приложения заключается в добавлении нового функционала – в некоторых случаях разработчикам приходится изменять внутреннюю структуру классов и переносить уже имеющиеся программные возможности на новые технологии без изменения ее внешнего вида для пользователя, т.е. заниматься *рефакторингом*.

В прошлом учебном семестре в рамках проекта ГПО была разработана программа по анализу файлов журналирования [1] на платформе WinForms. Хотя данная платформа была проста в освоении и имеет низкий порог вхождения, она имеет несколько серьёзных недостатков.

**Неделимость реализации и интерфейса** – в WinForms отображение данных программы сильно связано с реализацией логики их обработки. Это уменьшает гибкость платформы и усложняет поддержание продукта.

К предыдущему недостатку можно также добавить **негибкость самой визуальной части** – создание различных графических стилей и тем окна крайне затруднительно.

**Нагрузка GDI/GDI+** – для рисования форм приходится использовать процессор, в отличие от WPF, где это происходит посредством DirectX и графического процессора.

Исходя из этих минусов WinForms, было решено перенести приложение LogAnalyzer на платформу WPF с реализацией паттерна MVVM [2], который предполагает разделение структуры программы на визуальную часть – вид (View), часть с логикой приложения – модель (Model) и часть-посредника между представлением и логикой – модель представления (ViewModel). Данная структура позволяет сделать код менее связанным, что упрощает разработку, командную работу над программой и юнит-тестирование.

На рис. 1 представлена переработанная UML-диаграмма классов.

Классы, имеющие в названии VM, – это модели представления для визуальных элементов – окна (MainVM), списка фильтров (FiltersListVM), текста журнала (LogTextVM), строки состояния с информацией о файле (StatusStripVM) и меню окна (MenuVM). Во всех VM-классах реализован интерфейс INotifyPropertyChanged для корректной работы привязки данных из вида, также данный интерфейс с той же целью реализуют несколько классов бизнес-логики. В остальных классы логики приложения переносятся без серьезных изменений.

Класс Filter дополнительно реализует интерфейс INotifyDataErrorInfo, который позволяет производить валидацию данных поля и в случае ошибки сообщать об этом пользователю посредством изменения внешнего вида элемента.

Для соблюдения разделения визуальной части и логики приложения были предусмотрены сервисы по работе с вызовом окон с сообщениями, окна разделителя журнала и окон для выбора файлов. IWindowService, IMessageBoxService и IFileWindowService – интерфейсы в пространстве имен модели представления WindowService, MessageBoxService и FileWindowService их реализации соответственно. Таким образом ViewModel работает с вызовом окон через интерфейс и не имеет доступа к реализации отображения окон, т.к. она находится вне её пространства имен. Данный подход позволяет уменьшить связность между логикой обработки пользовательского

ввода и конкретной платформы для реализации пользовательского интерфейса.

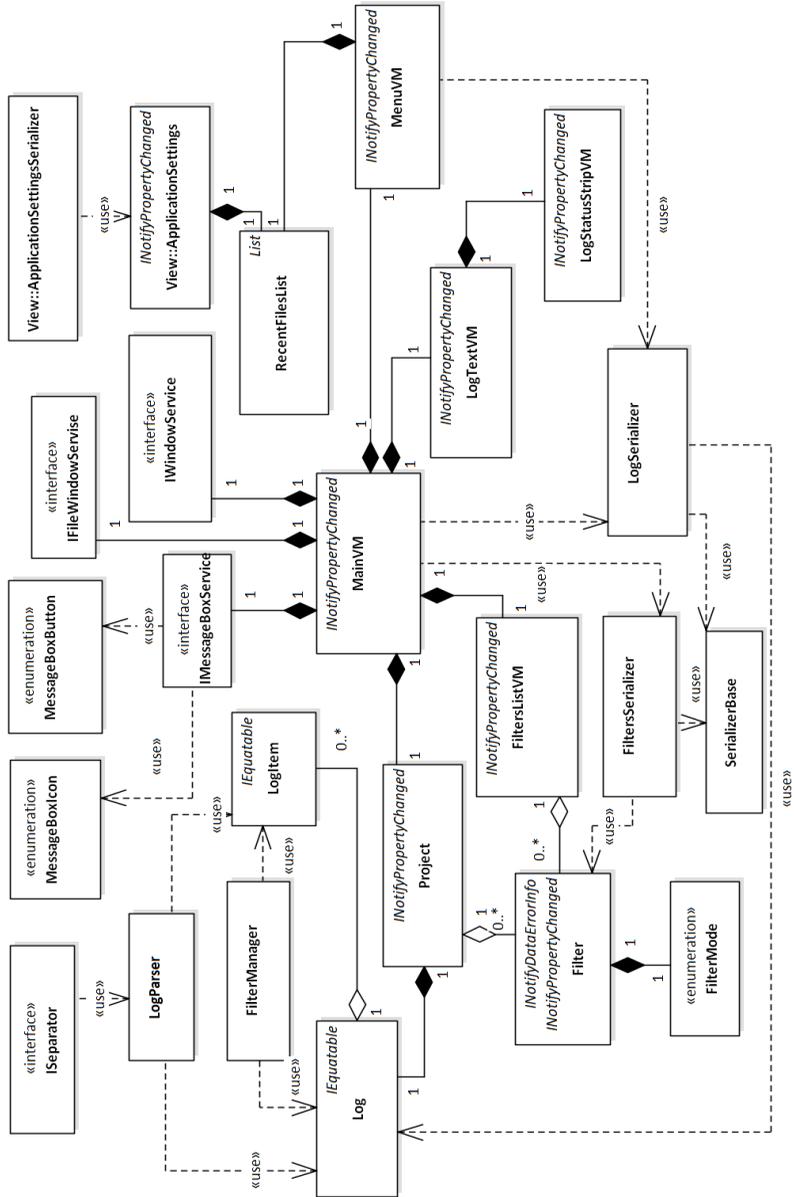


Рис. 1. Диаграмма классов главного окна приложения LogAnalyzer

Переработанная архитектура главного окна отвечает главному условию паттерна MVVM – разделение внешнего вида и логики приложения, что делает процесс дальнейшей разработки и поддержания приложения более гибким и удобным для командной разработки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Набережнев Н.А., Березин А.А., Швоев В.С. Разработка программы анализа файлов журналирования // Матер. IX рег. науч.-практ. конф. «Наука и практика: проектная деятельность – от идеи до внедрения». – Томск, 14–30 октября 2020 г. – С. 64–67.
2. Ryan Vice. MVVM Survival Guide for Enterprise Architectures in Silverlight and WPF / Ryan Vice, Muhammad Shujaat Siddiqi. – Packt Publishing Ltd, 2012. – P. 125–130.

УДК 004.415.23

### **ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПАТТЕРНА MVVM НА WPF ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ СВЯЗНОСТИ VIEW И VIEWMODEL**

*А.А. Березин, А.А. Щедрин, Е.В. Кабанова, студенты*

*Научные руководители А.Е. Горяинов, доцент каф. КСУП, к.т.н.;*

*А.А. Калентьев, доцент каф. КСУП, к.т.н.*

*г. Томск, ТУСУР, aleksandr.berezin402@gmail.com*

Рассмотрены паттерн MVVM и его составляющие, работа с диалоговыми окнами в рамках данного паттерна и применение службы диалогов для программы анализа файлов журналирования.

**Ключевые слова:** MVVM, WPF, View, ViewModel, DialogService.

В рамках проекта ГПО поставлена задача разработки программы анализа файлов журналирования LogAnalyzer [1] с применением паттерна MVVM, в частности, реализации отдельных его особенностей, для уменьшения связности представления и модели-представления.

Паттерн Model-View-ViewModel (MVVM) позволяет четко отделить бизнес-логику и модель представления приложения от пользовательского интерфейса. Поддержание чистого разделения логики приложения и пользовательского интерфейса помогает устранить многочисленные проблемы разработки и упростить тестирование, обслуживание и развитие приложения. Она также может значительно улучшить возможности повторного использования кода и позволяет разработчикам и дизайнерам пользовательского интерфейса упростить совместную работу при разработке соответствующих частей приложения [2].

В шаблоне MVVM есть три основных компонента: модель, представление и модель представления. Каждый из них обслуживает отдельную цель.

Модель (Model) описывает бизнес-логику приложения, представление (View) определяет визуальный интерфейс, а модель представления (ViewModel) связывает модель и представление через механизм привязки данных.

Важной особенностью применения шаблона MVVM является работа с диалоговыми окнами. В WPF единственный способ показать окна – использовать методы `Window.Show ()` или `Window.ShowDialog()`. Проблема с прямым вызовом этих методов заключается в том, что он требует, чтобы модель представления `ViewModel` ссылалась на `View` посредством использования класса `System.Windows`. Это нарушает желаемое разделение задач в MVVM и делает тестирование кода более сложным, не позволяя тестировать `ViewModel` отдельно от `View`.

Для решения этой проблемы используется служба диалогов `DialogService`. `DialogService` – это подход, при котором для отображения диалоговых окон используется другой уровень абстракции. `ViewModel` делегируют ответственность за отображение диалогов `DialogService` и просто предоставляют службе диалогов данные, необходимые для отображения. Служба диалогов отвечает за отображение диалогов, и можно отделить модели представления от `System.Windows` и избежать необходимости в ссылках из `ViewModel` на `View` [3].

В программе `LogAnalyzer` для работы с диалоговыми окнами предусмотрено несколько интерфейсов. Интерфейс `ISeparateWindowService` используется для открытия окна разделения файлов. `IFileWindowService` применяется для открытия окна выбора файлов, а также применения фильтров к отображаемым файлам. `IMessageBoxService` нужен для работы с окном сообщения, иконка которого выбирается из перечисления `MessageBoxIcon`, а используемые кнопки выбираются из `MessageBoxButton`. Использование данных интерфейсов позволяет отделить модель представления `MainVM` от `View`, представленного в виде `SeparatorWindow`, `MessageBox` и `FileDialog`. Диаграмма классов данных интерфейсов представлена на рис. 1.

Использование дополнительных классов при работе с диалоговыми окнами помогает разделить зоны ответственности представления и модели представления для четкого следования шаблону MVVM. Это, в свою очередь, позволяет упростить тестирование, обслуживание и развитие приложения.

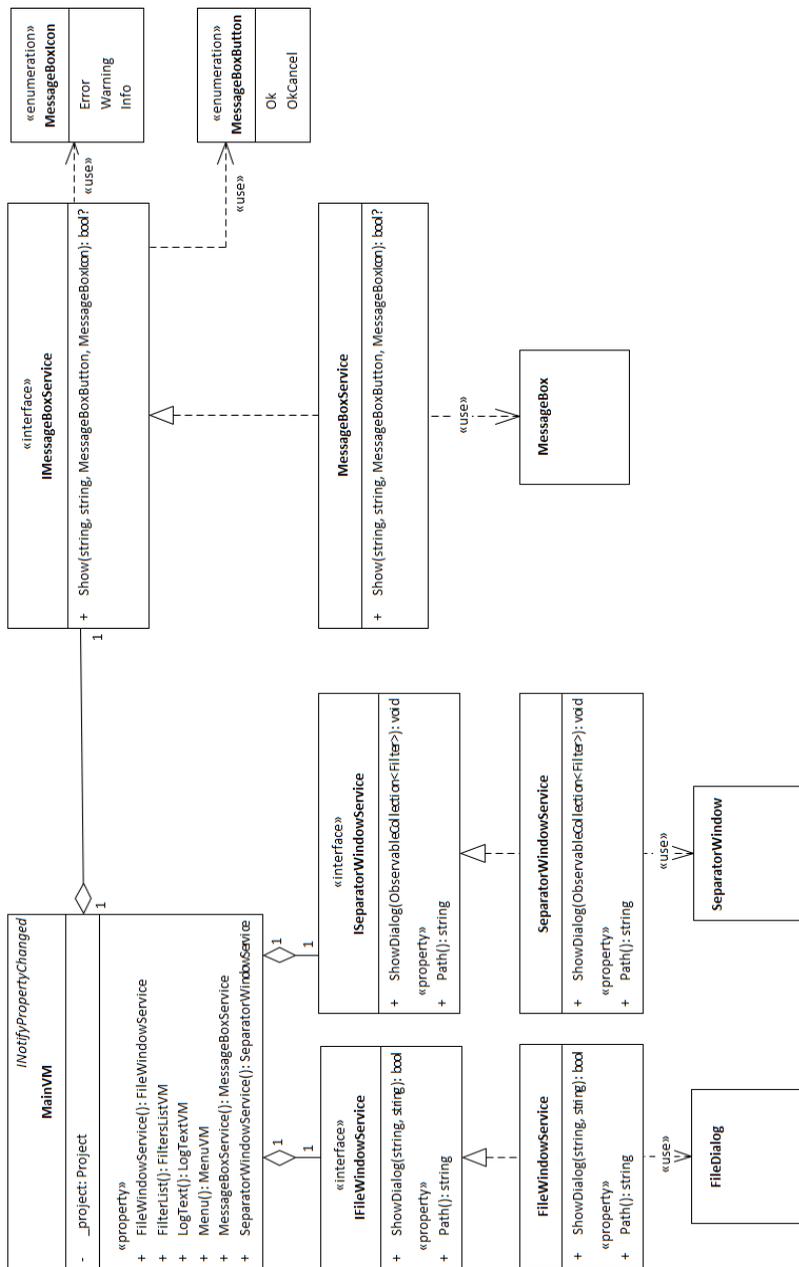


Рис. 1. UML-диаграмма классов работы с диалоговыми окнами

## ЛИТЕРАТУРА

1. Разработка программы анализа файлов журналирования // Матер. докл. рег. науч.-практ. конф. «Наука и практика: проектная деятельность – от идеи до внедрения». – Томск, 14 октября – 30 ноября 2020 г. – С. 64–67.
2. Шаблон Model-View-ViewModel – Xamarin // Microsoft Docs [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/xamarin/xamarin-forms/enterprise-application-patterns/mvvm> (дата обращения: 17.03.2021).
3. Ryan Vice. MVVM Survival Guide for Enterprise Architectures in Silverlight and WPF / Ryan Vice, Muhammad Shujaat Siddiqi. – Packt Publishing Ltd, 2012. – P. 281–286.

УДК 004.891.2

### **ФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ГРАФОВЫХ СТРУКТУР ДАННЫХ**

***А.Ю. Кайда, аспирант ОИТ ИШИТР***

*Научный руководитель А.О. Савельев, доцент ОИТ ИШИТР, к.т.н.  
г. Томск, НИ ТПУ, ayk13@tpu.ru*

Представлены результаты исследования возможностей визуализации графовых структур данных в виде динамических графов, в основу построения которых заложен алгоритм Barnes-Hut. Соответствующее решающее математическое программное обеспечение распределяет элементы графа, основываясь на специальной гравитационной модели с использованием дерева квадрантов.

**Ключевые слова:** визуализация данных, Barnes-Hut, графовые структуры данных.

Вопросы визуализации данных являются частью всего цикла жизни данных, а в контексте научного исследования – одним из важных шагов по интерпретации результатов исследования. Важно отметить, что корректная визуализация зачастую определяет, в какой степени точным и всеобъемлющим будет являться картина, представленная исследователю.

Графовые структуры данных – представление в виде математической абстракции объектов любой реальной системы. Как правило, граф состоит из двух множеств – ребер и вершин (узлов) [1]. В контексте нижеописанных экспериментов узлы будут представлять собой сущности различных классов, в то время как ребра – связи между сущностями, значения для которых однозначно превышают пороговое значение. Ранжирование толщины ребер при этом программно определяется исходя из диапазона величин, переданных на ребра. Программа, исходя из полученного диапазона, определяет, в каком диапа-

зоне относительно друг друга будут отрисованы по своей толщине ребра.

Постановка задачи – представить корректную визуализацию таким образом, чтобы наиболее плотно связанные узлы графа были сосредоточены в центре, в то время как остальные свободные (изолированные) узлы могли быть удалены на достаточное расстояние, чтобы не соприкасаться с полученными кластерами связанных узлов. Наилучшим результатом запланировано получение динамической модели с возможностью управления размещением ребер в режиме реального времени. В рамках научной работы постановка задачи была сформулирована для интерпретации результатов исследования зависимостей между сообществами в социальных сетях.

Первичное решение задачи было представлено с использованием библиотеки NetworkX для языка программирования Python. Данный выбор определен тем, что для решения всего комплекса задач в области Data Science язык программирования Python представляет весь перечень возможностей. Результаты визуализации были представлены в виде векторного двухмерного изображения. Пример показан на рис. 1.

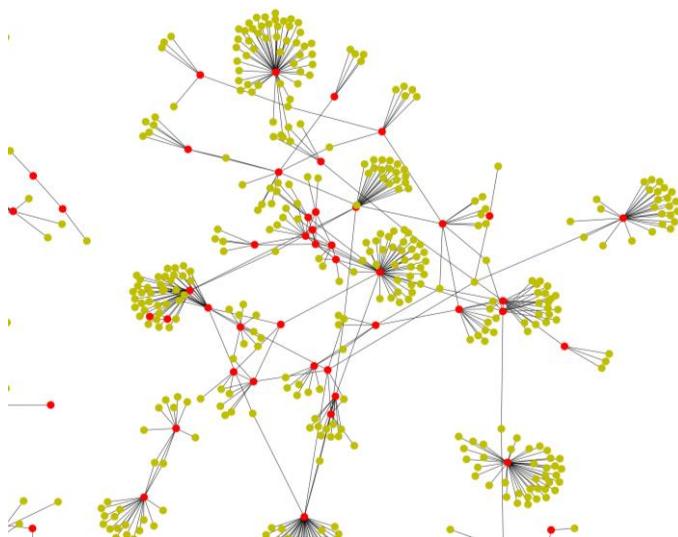


Рис. 1. Фрагмент ранней визуализации на основе NetworkX

Новый метод визуализации с использованием библиотеки ruviz (которая также позволяет полностью импортировать сущности из NetworkX) основан на использовании алгоритма Barnes-Hut, используемого для решения гравитационной задачи  $N$  тел. Одноименное ре-

шающее математическое программное обеспечение (ПО), `barnesHut`, представляет собой гравитационную модель, основанную на дереве квадрантов, подходящем для неиерархических структур. Существует также альтернативная версия решающего математического ПО, `forceAtlas2Based` [2], где, в отличие от предыдущей модели, сила отталкивания является линейной, а не квадратичной, а множитель массы узлов основан на количестве ребер узла плюс один. Для решения задач отображения результатов матрицы смежности параметров сущностей подходит модель `barnesHut`, результаты визуализации которой представлены на рис. 2.

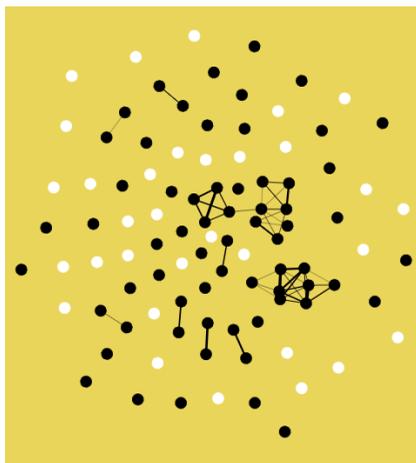


Рис. 2. Визуализация графа с использованием `barnesHut`

Возможность отрисовки динамических интерактивных графов, представляющих собой неиерархические структуры, с использованием гравитационной модели позволяет распределить узлы графа таким образом, что основные образовавшиеся кластеры не соприкасаются друг с другом, а свободные узлы распределяются в отдалении от кластеров, что позволяет упростить процесс интерпретации результатов исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В.Е., Захарова Д.В. Теория графов: электронное учеб.-метод. пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский гос. ун-т, 2012. – 57 с.
2. Documentation – `pyvis` 0.1.3.1 documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pyvis.readthedocs.io/en/latest/documentation.html>, свободный (дата обращения: 12.03.2021).

## ОБЗОР ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА VIPNET COORDINATOR KB ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЗАЩИЩЕННОЙ СЕТИ

**В.Ю. Юшин, Д.А. Кожин**

*г. Томск, ТУСУР, ushinvitali@gmail.com*

Представлены обзор функциональных возможностей программно-аппаратного комплекса для построения защищенной сети, описание алгоритма по усадке GPS-координат на звенья дорожной сети.

**Ключевые слова:** защита информации, сервер, построение сети, программно-аппаратный комплекс.

Во времена технического прогресса, когда информация ценится на вес золота, просто жизненно необходимо сохранять ее в тайне, не давать к разглашению. Данное утверждение касается не только частной информации простых обывателей сети Интернет, но и компаний и служб, как частных, так и государственных. Для решения проблем рассекречивания данных компания АО «ИнфоТеКС» предоставляет программно-аппаратные комплексы ViPNet Coordinator KB (KB).

Программно-аппаратный комплекс (ПАК) ViPNet Coordinator KB – это полноценный сервер, который используется в качестве шлюза безопасности при организации закрытых каналов связи по классу KB.

На рис. 1 приведено изображение младшей платформы ViPNet Coordinator KB.

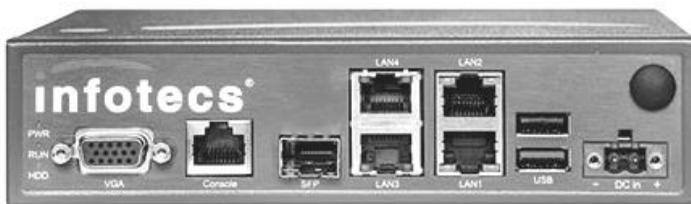


Рис. 1. ПАК ViPNet Coordinator KB100

ViPNet Coordinator KB может выступать в роли VPN-сервера и использоваться в IP-сетях, работая на внутреннем программном обеспечении ViPNet.

Настройки ПАК ViPNet Coordinator KB могут позволить устройству выполнять нижеперечисленные функции в защищенной сети ViPNet:

– Обработка протоколов прикладного уровня: FTP, DNS, H.323, SССР.

- Поддержка виртуальных локальных сетей (VLAN IEEE 802.1Q).

- Приоритезация обработки поступающего на вход IP-трафика по DiffServ протоколу.

- Функции DHCP-, DNS- и NTP-сервера.

- Функции маршрутизатора статической и динамической маршрутизации IP-пакетов.

- Защита от сбоев на базе кластера резервирования.

- Совместимость с управляющим программным обеспечением ViPNet Administrator, ViPNet Policy Manager, ViPNet State Watcher.

Возможные сценарии использования ПАК:

- Построение защищенных каналов связи между объектами организации.

- Защита высокоскоростных каналов.

- Защита мультисервисных сетей [1].

ПАК KB используется в закрытых сетях ViPNet, которые создаются с использованием набора продуктов ViPNet.

Сеть ViPNet – это защищенная виртуальная сеть с возможностью разворота поверх уже используемых локальных или глобальных сетей с любой организацией структуры. Пакет программного обеспечения для создания закрытых сетей ViPNet выгодно отличается от популярных VPN-решений, такими функциями, как обеспечение закрытой для постороннего взаимодействия связи между созданными узлами по схеме «клиент–клиент».

Обеспечение информационной безопасности реализуется посредством особого ПО, которое, в свою очередь, может осуществлять несколько базовых функций:

- Фильтрация всего IP-трафика сетевых узлов.

- Шифрование соединений между узлами сети ViPNet [2].

Шифрование в ПАК ViPNet Coordinator KB производится с помощью информации, содержащейся в ключевом блокноте ДСДР, выпускаемой Федеральной службой безопасности (ФСБ) Российской Федерации.

На рис. 2 представлена схема одного из возможных вариантов построения защищенной сети ViPNet с использованием программно-аппаратных комплексов ViPNet Coordinator KB.

Программно-аппаратный комплекс ViPNet Coordinator KB является полноценным серверным оборудованием и одним из лучших вариантов для построения защищенных сетей среди российских производителей. Рассматриваемый ПАК по своим возможностям также является конкурентоспособным среди аналогов на зарубежном рынке.

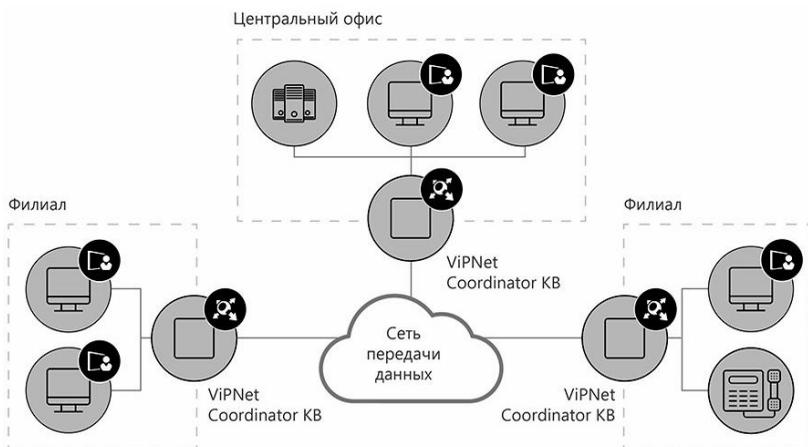


Рис. 2. Схема одного из вариантов построения ViPNet сети

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Назначение ViPNet Coordinator KB. ViPNet Coordinator KB 4. Общее описание. – М., 2018. – С. 14.
2. Функции координатора в защищенной сети. ViPNet Coordinator KB 4. Общее описание. – М., 2018. – С. 15.

УДК 004.91

### РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОВЕРКИ ПРАВИЛЬНОСТИ ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТ СТУДЕНТОВ

*С.А. Леонов, студент каф. КСУП*

*Научный руководитель Н.Ю. Хабибулина, доцент каф. КСУП  
г. Томск, ТУСУР, каф. КСУП, sergey\_leonov\_98@mail.ru*

Рассмотрен вопрос о необходимости автоматизации проверки студенческих работ на соответствие стандартам ТУСУРа, а также представлен возможный вариант процесса проверки работы студента с использованием разрабатываемого программного средства.

**Ключевые слова:** web-приложение, web-сервис, проверка оформления, соответствие ОС ТУСУРа.

Роль автоматизации в развитии прогресса с каждым днем все возрастает, и на сегодняшний день невозможно представить научную и производственную деятельность без использования методов автоматизации.

Данная тема была выбрана, поскольку существует явная необходимость в автоматизировании поиска ошибок, допущенных при оформлении студенческих работ, так как ручная проверка студенческих работ трудоемка и может привести к пропуску ошибок. Также необходимо создавать рекомендации, которые будут правильно доносить смысл допущенной ошибки, что позволит студенту быстро ее устранить.

Целью данной работы является разработка web-приложения для проверки правильности оформления работ студентов ОС ТУСУРа.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) изучить процесс проверки правильности оформления работ студентов ОС ТУСУРа;
- 2) провести обзор существующих аналогов;
- 3) спроектировать разрабатываемое web-приложение.

**Модель процесса «Как есть».** Рассмотрим, как проходит процесс проверки правильности оформления работ студентов ОС ТУСУРа без применения автоматизации нахождения ошибок оформления и составления комментариев, соответствующих найденным ошибкам.

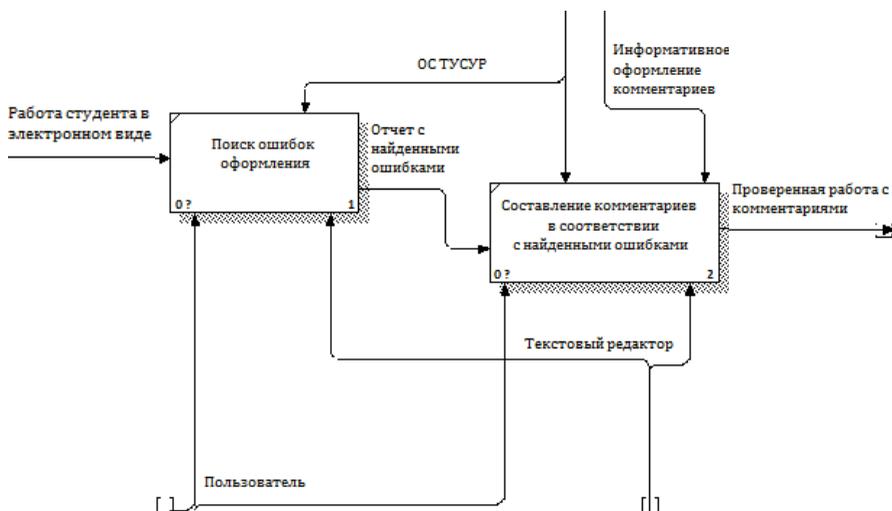


Рис. 1. Декомпозиция работы «Проверка правильности оформления работы студента ОС ТУСУРа» процесса «Как есть»

Проанализировав полученную диаграмму декомпозиции процесса проверки, можно сделать вывод, что выполнение проверки правильности оформления работы студента ОС ТУСУРа вручную требу-

ет значительных затрат времени и внимания преподавателя ввиду необходимости внимательной и последовательной проверки каждого пункта работы на соответствие стандартам оформления. Автоматизация данных этапов уменьшит временные затраты.

**Модель процесса «Как будет».** Далее рассмотрим, как проходит процесс проверки правильности оформления работы студента ОС ТУСУРа с применением автоматизации. В результате выполнения процесса проверки пользователь получит проверенную работу студента, где найденные ошибки будут помечены цветовым индикатором и снабжены соответствующим комментарием, также пользователю будет доступна статистика найденных ошибок.

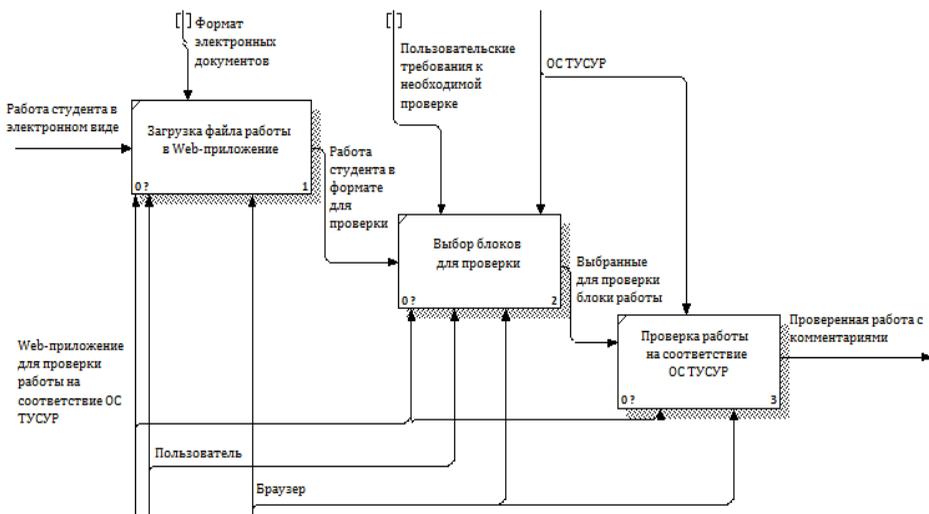


Рис. 2. Декомпозиция работы «Проверка правильности оформления работы студента ОС ТУСУРа» процесса «Как будет»

Проанализировав разработанный процесс проверки правильности оформления работы студента ОС ТУСУРа с применением автоматизации, можно сделать однозначный вывод о том, что автоматизация позволит ускорить выполнение данного процесса, тем самым значительно уменьшая временные затраты и увеличивая качество проверки работы.

**Оценка аналогов.** Рассмотрим недостатки текущих версий данного ПО.

Система торговых аналитических решений (СТАР) – это web-сервис, который предназначен для поиска, подготовки, совершения и выполнения сделок для компаний и частных лиц [1].

К недостаткам данной версии ПО стоит отнести:

1) ограничение доступа к проверке на стандарты оформления при бесплатном использовании;

2) ограниченное количество бесплатных использований.

Сервис автоматического оформления студенческих работ – это web-сервис, который предназначен для автоматического оформления работ студентов в соответствии с текущими требованиями ГОСТ [2].

К недостаткам данной версии ПО стоит отнести:

1) необходимо добавлять главы и подглавы вручную на странице сайта;

2) нет возможности выбрать, какие блоки необходимо проверить, в результате чего вся работа будет выполнена по стандартам данного web-приложения.

**Алгоритм работы проектируемого приложения.** Рассмотрим алгоритм работы проектируемого приложения (рис. 3).

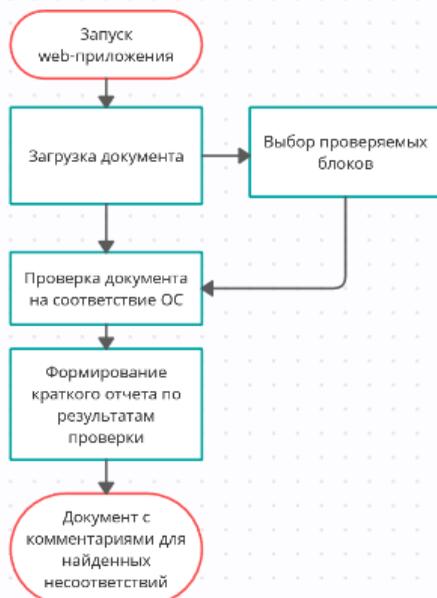


Рис. 3. Алгоритм работы проектируемого приложения

В начале работы алгоритма происходит запуск web-приложения, после чего происходит выбор проверяемых блоков либо переход к проверке со стандартными настройками.

После процесса проверки происходит формирование краткого отчета по результатам проверки (даже если ошибки не найдены).

Результатом работы алгоритма является документ с комментариями для найденных несоответствий.

**Результаты работы.** Во время выполнения работы было проведено исследование процесса проверки правильности оформления работы студента ОС ТУСУРа, в результате чего был сделан вывод о необходимости автоматизировать процесс проверки, что позволит уменьшить трудозатраты выполнения процесса и увеличит качество проверки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Web-приложение «Система торговых аналитических решений» (СТАР) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://star-pro.ru/standards> (дата обращения: 18.12.2020).

2. Web-приложение «Сервис автоматического оформления студенческих работ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://uwd.su/oformlenie/> (дата обращения: 18.12.2020).

УДК 004.416.6

#### РЕФАКТОРИНГ МОДУЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ФАЙЛОВ ЖУРНАЛИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПАТТЕРНА MVVM

*В.С. Швоев, А.Р. Дягай, Н.А. Набережнев, студенты*

*Научные руководители А.А. Калентьев, к.т.н.; А.Е. Горяинов, к.т.н.,  
доценты каф. КСУП*

*г. Томск, ТУСУР, dyagaay@gmail.com*

Рассматривается рефакторинг модуля разделения файлов журналирования с применением паттерна MVVM. Описаны его преимущества и реализация на примере приложения LogAnalyzer.

**Ключевые слова:** рефакторинг, WPF, MVVM.

Паттерн MVVM (Model-View-ViewModel) позволяет отделить логику приложения от представления. Данный паттерн является архитектурным, т.е. он задает общую архитектуру приложения [1].

Паттерн MVVM состоит из следующих компонентов: модель, которая описывает используемые в приложении данные; представление, которое определяет визуальный интерфейс, через который пользователь взаимодействует с приложением; модель представления, которая отвечает за состояние и логику представления, а также связывает модель и представление через механизм привязки данных.

Преимущества паттерна MVVM [1]:

**Тестируемость приложений.** Использование паттерна MVVM позволяет провести модульное тестирование.

**Меньше кода.** Снижается риск допустить ошибки и уменьшается код для написания модульных тестов.

**Оптимизация процессов разработки.** Разработчики и дизайнеры могут самостоятельно работать над разными частями приложения.

**Легкость понимания логики представления.** Паттерн MVVM предусматривает хорошо организованную и легкую для понимания конструкцию построения графического интерфейса за счет использования механизмов, привязок, команд и шаблонов.

Рассмотрен рефакторинг модуля разделения файлов журналирования с применением паттерна MVVM.

В последней версии программы был использован паттерн VM (View-Model), что затрудняло понимание логики представления и тестирование логики в окнах и элементах управления пользовательского интерфейса. Поэтому было принято решение изменить паттерн на MVVM. На рис. 1 представлена диаграмма классов модуля разделения файлов журналирования последней версии программы.

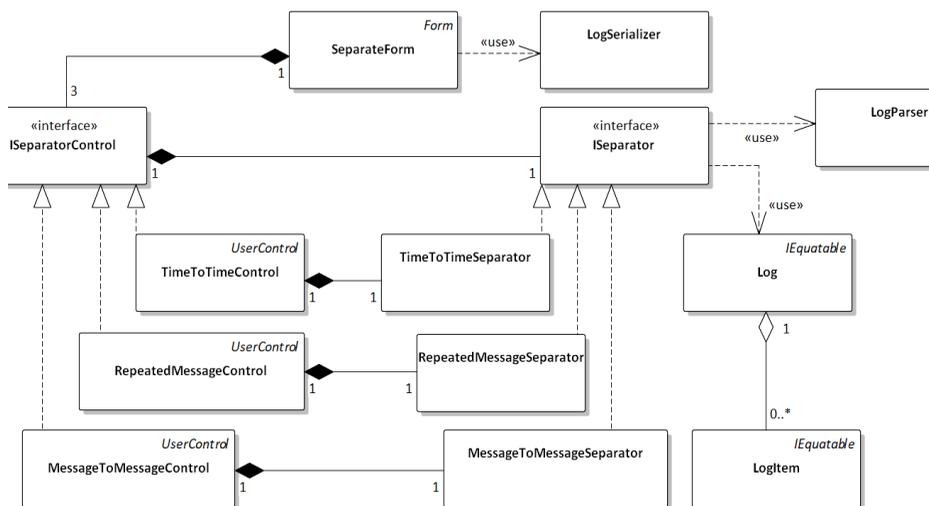


Рис. 1. Диаграмма классов модуля разделения файлов последней версии программы

Логика данного модуля разделения файлов журналирования подробно рассматривается в другой статье [2].

Для решения вышеперечисленных проблем был использован шаблон проектирования MVVM. На рис. 2 представлена диаграмма классов разделения файлов журналирования с применением паттерна MVVM.

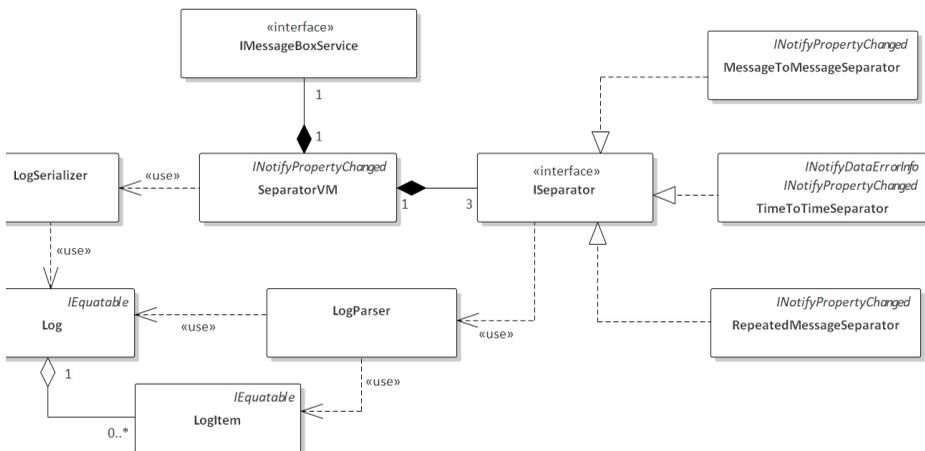


Рис. 2. Диаграмма классов модуля разделения файлов с применением паттерна MVVM

Для уведомления системы об изменениях свойств вышеперечисленные классы реализуют интерфейс `INotifyPropertyChanged`. Данный интерфейс позволяет уровню представления модели сообщать об изменениях данных для обновления пользовательского интерфейса и получать данные от него. Интерфейс `INotifyDataErrorInfo` позволяет классам сущностей данных реализовывать валидацию данных независимо от уровня представления [2].

Модель представления `SeparatorVM` содержит в себе экземпляр класса `RelayCommand` [3], который отвечает за разделение файла журналирования. Команды позволяют, в отличие от обработчиков событий, определить действия в модели представления, а затем связывать их с ними в представлении. Также она содержит экземпляр класса `IMessageBoxService`, который позволяет отображать диалоговое окно и получать его результат [4].

Модель, отвечающая за разделение файлов журналирования, в приложении `LogAnalyzer` представлена классами `TimeToTimeSeparator`, `MessageToMessageSeparator` и `RepeatedMessageSeparator`, которые реализуют интерфейс `ISeparator`. Класс `SeparatorVM` является моделью представления, содержащей состояние и логику представления класса `SeparatorView`. Классы представления не указаны в диаграмме, представленной рис. 2.

Паттерн MVVM позволил сократить количество кода в окнах и элементах управления пользовательского интерфейса, что в будущем

позволит оптимизировать процесс разработки для разных платформ. Поддержание чистого разделения логики приложения и пользовательского интерфейса помогает устранить многочисленные проблемы разработки и упростить тестирование, обслуживание и развитие приложения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Vice R. MVVM Survival Guide for Enterprise Architectures in Silverlight and WPF // Packt Publishing. – 2012. – P. 125–127.
2. Наука и практика: проектная деятельность – от идеи до внедрения // Матер. IX рег. науч.-практ. конф., Томск, 2020. – Томск: Изд-во ТУСУР, 2020. – С. 52–55.
3. Metanit.com Команды. Основы команд [Электронный ресурс]. – <https://metanit.com/sharp/wpf/7.1.php> (дата обращения: 17.03.2021).
4. Devexpress.com DialogService [Электронный ресурс]. – <https://docs.devexpress.com/WPF/17467/mvvm-framework/services/predefined-set/dialog-services/dialogservice> (дата обращения: 17.03.2021).

УДК 681.51

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕТЕЙ ETHERNET ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА НА ОСНОВЕ КОНТРОЛЛЕРА SIEMENS S7-1200

*А.Е. Сахабутдинов, Ю.А. Поярко, магистранты каф. КСУП*  
*Научный руководитель В.П. Коцубинский, доцент каф. КСУП, к.т.н.*  
*г. Томск, ТУСУР, kyp@kcup.tusur.ru*

Дан сравнительный анализ промышленных сетей Ethernet для лабораторного стенда на основе контроллера SIEMENS S7-1200.

**Ключевые слова:** протокол, PROFINET, EtherCAT, критерии, лабораторный стенд, ПЛК, SIEMENS, S7-1200.

В сфере автоматизированных систем управления технологическим процессом существует проблема, связанная с отсутствием необходимой образовательной материальной базы. В частности, обучение навыкам работы с программируемыми логическими контроллерами (ПЛК), которые уже давно являются неотъемлемым компонентом промышленных систем и автоматизаций [1]. Востребованность данных контроллеров заключена в простоте управления технологическими процессами, их адаптации к работе в любых условиях с минимальными затратами, возможности объединения в сети с другими устройствами и настройки через сеть Интернет [2].

Для решения проблемы, связанной с приобретением навыков работы с контроллерами, был разработан лабораторный стенд, в состав

которого входят: ведущее (master) устройство, которым может служить как стационарный, так и переносной компьютер; ведомое (slave) устройство, которым служит ПЛК SIEMENS S7-1200; шаговый двигатель. В качестве средства настройки функционирования данного стенда служит среда программирования TIA Portal, устанавливаемая на ведущее устройство.

Связь между компьютером и ПЛК осуществляется через промышленную сеть Ethernet. Промышленная сеть Ethernet – это сеть передачи данных, соответствующая стандарту IEEE 802.3, позволяющая связывать устройства, входящие в состав автоматизированной системы. Часто применяемыми и используемыми сетями Ethernet являются следующие:

- PROFINET;
- POWERLINK;
- Ethernet/IP;
- EtherCAT;
- Sercos III [3].

Сети POWERLINK, Ethernet/IP и Sercos III не поддерживаются для данного контроллера в качестве организации связи. Поэтому, для обеспечения связи между ПЛК и компьютером могут применяться такие промышленные сети, как PROFINET и EtherCAT.

Поддержка PROFINET для связи компьютера и контроллера предоставляется изначально. А компания Beckhoff предоставляет инструменты для организации связи между ведущими (master) и ведомыми (slave) устройствами. В связи с этим, возникла необходимость проведения сравнительного анализа сетей PROFINET и EtherCAT.

Анализ данных сетей проводился по следующим критериям:

**Восприимчивость к помехам.** Для передачи данных в EtherCAT применяется метод суммарного кадра (фрейма) в то время, как PROFINET используют один фрейм. Если в суммарном фрейме теряется один фрейм, то теряется вся сумма фреймов. Поэтому EtherCAT более восприимчив к потере данных из-за возможной потери одного фрейма.

**Кабельные соединения гибкой топологии.** В компьютерных сетях различают четыре топологии: дерево, звезда, кольцо, шлейф. PROFINET позволяет образовывать любую топологию, независимо от поведения и строения фрейма в то время, как на основе EtherCAT можно организовать сеть через логическое кольцо.

**Возможность замены устройства.** PROFINET предоставляет пользователям возможность замены ведущего или ведомого устройства независимо от топологии сети. На EtherCAT распространено

ограничение: если к портам ведомого устройства EtherCAT ничего не подключено, то они автоматически отключаются. Это может повлиять на стабильность работы всей сети ввиду того, что распределенный сигнал тактовой частоты EtherCAT требует повторной синхронизации.

**Поддержка международного стандарта IEC 61158.** Международный стандарт IEC 61158 классифицирует спецификацию полевых шин, применяющихся для использования в промышленных системах управления. Оба протокола соответствуют данному стандарту [4].

**Централизованная и децентрализованная архитектура.** При выборе между централизованной или децентрализованной архитектурой учитываются возможные расширения системы в будущем. Одно из преимуществ децентрализации заключается в том, что она позволяет в сеть добавлять узлы без заметного влияния на длительность передачи фреймов. Кроме того, мониторинг состояния будет оказывать меньшее влияние на стабильность сети, чем в централизованной архитектуре, на которую сильно влияет уменьшение объемов данных [5].

**Передача большого потока данных.** В сетях, при передаче большого потока данных, время прохождения через узлы сильно влияет на общую длительность цикла. Системы, поддерживающие приоритизацию данных, позволяют сокращать общую длительность цикла за счет чтения данных высокого приоритета, оставляя данные низшего приоритета опрашиваться с некоторой периодичностью. В PROFINET переменная длительность цикла утверждена в спецификациях протокола. В EtherCAT решения для реализации этого требования могут быть реализованы как часть специального приложения, поэтому длительность цикла может варьироваться.

**Джиттер.** Джиттер – минимальное отклонение тактовой частоты во время передачи сигнала. Чтобы избежать подобного явления, сетевые узлы должны быть синхронизированы с максимально возможной точностью.

EtherCAT использует принцип распределенной синхронизации, реализуемый специальным алгоритмом в ESC (контроллере ведомых устройств EtherCAT). EtherCAT позволяет создать систему практически без джиттера (меньше 100 наносекунд). В приложениях PROFINET джиттер также можно уменьшить до 1 микросекунды.

Для лабораторного стенда время джиттера не должно превышать 100 микросекунд, поэтому и PROFINET, и EtherCAT удовлетворяют данному критерию.

Ниже представлена таблица, приводящая критерии сравнения выбранных сетей Ethernet. Плюсами (+) и минусами (–) обозначены критерии, которым сравниваемые сети удовлетворяют и не удовлетворяют соответственно.

### Сравнение сетей PROFINET и EtherCAT

Критерии сравнения		Сети Ethernet	
		PROFINET	EtherCAT
Восприимчивость к помехам		+	–
Кабельные со-единения гибкой топологии	Топология «Дерево»	+	+
	Топология «Звезда»	+	+
	Топология «Кольцо»	+	–
	Топология «Шлейф»	+	–
Возможность замены устройства		+	–
Поддержка международного стандарта IEC 61158		+	+
Поддержка централизованной архитектуры		+	+
Поддержка децентрализованной архитектуры		+	–
Передача большого потока данных		+	–
Джиттер		+	+

Исходя из результатов сравнения, сведенных в таблицу, был сделан вывод, что сеть PROFINET является оптимальным вариантом для организации связи между компьютером и лабораторным стендом, включающим контроллер SIEMENS S7-1200.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рождественский Д.А. Автоматизированные комплексы распределенного управления: учеб. пособие. – Томск: ТМЦДО, 2002. – 124 с.
2. АГАВА. Программируемые логические контроллеры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.kb-agava.ru/article\\_programmiruemye\\_logicheskie\\_kontrollery](https://www.kb-agava.ru/article_programmiruemye_logicheskie_kontrollery) (дата обращения: 04.03.2021).
3. Промышленные сети и интерфейсы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.bookasutp.ru/Chapter2\\_1.aspx](https://www.bookasutp.ru/Chapter2_1.aspx) (дата обращения: 02.03.2021).
4. Техэксперт. Системы промышленной автоматизации и интеграция [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200100456> (дата обращения: 01.03.2021).
5. Промышленный Ethernet. Факты. Сравнение 5 основных технологий. – Вып. 1. – EPSG (Ethernet Powerlink Standardization Group), 2010. – 35 с.

УДК 004.946

### ВИРТУАЛЬНЫЕ СРЕДЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ РЭУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОЧКОВ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

*А.М. Рубейкина, магистрант каф. КСУП*

*Научный руководитель В.П. Коцубинский, к.т.н., доцент каф. КСУП  
г. Томск, ТУСУР, [kvp@kcup.tusur.ru](mailto:kvp@kcup.tusur.ru)*

Рассматривается возможность внедрения САПР-систем для проектировки радиоэлектронных устройств в очки виртуальной реальности. Такая технология довольно актуальна в наше время и внедряется по всем предприятиям. Уникальность технологии заключается

во внедрении российской системы автоматизированного проектирования «Компас» в очки виртуальной реальности.

**Ключевые слова:** виртуальная реальность, САПР, РЭУ, проектирование, трехмерное пространство.

Вся современная конструкторская и технологическая документация, трехмерные модели и чертежи разрабатываются в системах автоматизированного проектирования (САПР). Благодаря этим программам уменьшается время затрат на разработку чертежей и документации, появляется возможность наглядно рассмотреть все недочеты в устройстве и провести диагностику в виртуальной среде.

Виртуальная реальность – технически созданный мир, который погружает человека в себя через слух, осязание и зрение. Если объединить виртуальную реальность и системы автоматизированного проектирования, то можно улучшить проектирование, сократить время на разработку, также это может положительно сказаться на здоровье разработчиков, которые целыми днями сидят на одном месте, и открывается возможность использования двух рук одновременно. В виртуальной реальности также будет более удобный интерфейс – не будет режима множества окон. В целом это объединение позволяет сократить экономические затраты за счёт отказа от физических моделей и обеспечит связь между подразделениями компании.

На данный момент существует много САПР-программ для разработки радиоэлектронных устройств (РЭУ): «Компас», «Altium Designer», «AutoCAD», «KiCad» и т.д. Наиболее универсальная и удобная в использовании программа – «Компас». Данная программа имеет множество разных линеек-подпрограмм для разных сфер проектирования и используется более чем на 9 000 промышленных предприятий. Данная программа имеет стандартизированные библиотеки по ГОСТу и возможность расчетов параметров воздействия на устройство, что помогает проверить работу устройства в разных условиях окружающей среды.

Для внедрения программы необходимо использовать общедоступные очки виртуальной реальности с возможностью прошивки. Общедоступные очки – модель Vive Pro Eye. Для данных очков имеется библиотека SteamVR, в которой есть возможность использования доступных приложений, а также включение режима разработчика и использование своих приложений. SteamVR позволяет пользователям управлять несколькими настройками виртуальной реальности, включая статус устройства и управление: обновление прошивки, привязку новых устройств, настройки звука в игре, режим отражения и такие пользовательские настройки, как сглаживание движений.

Данный шлем входит в систему HTC VIVE Pro, в которой также имеются контроллеры для взаимодействия с виртуальной реальностью.



Рис. 1. Пример использования очков виртуальной реальности при проектировании устройства

В заключение следует отметить, что объединение виртуальной реальности и САПР-программы активно развивается в современном мире и в России такая технология обретет большую популярность и поможет в быстром развитии российских технологий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Осипов М.П. Системы виртуальной реальности: учеб.-метод. пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский гос. ун-т, 2012. – 48 с.
2. SteamVR [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://partner.steamgames.com/doc/features/steamvr/info?l=russian> (дата обращения: 27.12.2020).

УДК 004.416'6

### МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ РЕСТОРАНОВ «INSTANTEATS»

*Д.Е. Щетинина, Т. Мамвота, А.В. Конгарова,*

*Ф.Р. Рахимов, Х.Р. Рахимов, студенты каф. КСУП*

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

*г. Томск, ТУСУР, dashayouga27@mail.ru*

*Проект ГПО КСУП-1802 «Разработка мобильных приложений»*

Рассмотрен процесс разработки приложения для мобильных платформ, осуществляющего автоматизацию работы официантов по обслуживанию клиентов. Цель – повышение точности и удобства сбора и анализа текстовой информации, экономия времени посетителя на осуществление заказа.

**Ключевые слова:** мобильное приложение, ресторан, заказ.

На официантов пришлось нелегкая доля в сфере общепита. Для облегчения их работы и для быстрой связи с поварами уже существуют некоторые типизированные программы, такие как `g_keeper`, нередко со сложной структурой и устаревшими функциями, из чего следует актуальность разработки данного приложения, позволяющего значительно ускорить процесс приема, оплаты и подачи заказа.

Идея программы – специализированное приложение для ресторанов, которое дает возможность сделать заказ в заведении непосредственно самим клиентом, детально изучить меню, отследить готовность заказа и оплатить его картой в мобильном приложении.

Назначение разрабатываемой системы: предоставление полной информации о меню, акциях и специальных предложениях ресторана; осуществление автоматизации работы официантов по обслуживанию клиентов; предоставление возможности заказа и оплаты блюд с помощью нашего приложения.

Функции разрабатываемой системы: возможность бронирования столика; постоянно обновляющееся меню; возможность заказа блюд, находясь непосредственно в ресторане; возможность отслеживания готовности блюд; быстрая подача блюд.

Перед разработкой приложения был произведен обзор аналогов приложения, результаты приведены на рис. 1.

Приложение	«KFC»	«Delivery club»	«Dodo пицца»	«Наше приложение»
Функции				
Наличие меню	+	+	+	+
Доставка	+	+	+	+
Возможность заказа прямо в заведении	+	-	-	+
Оплата через приложение	+	-	+	+
Меню готовности блюд	-	-	-	+

Рис. 1. Обзор аналогов

Далее был выбран язык написания программы. Взвесив все плюсы и минусы, выбор пал на Cotlin [1].

На данный момент запрограммированы несколько страниц приложения, описан их функционал и разработан интерфейс, но результат еще не является окончательным. На рис. 2 представлена главная страница приложения.

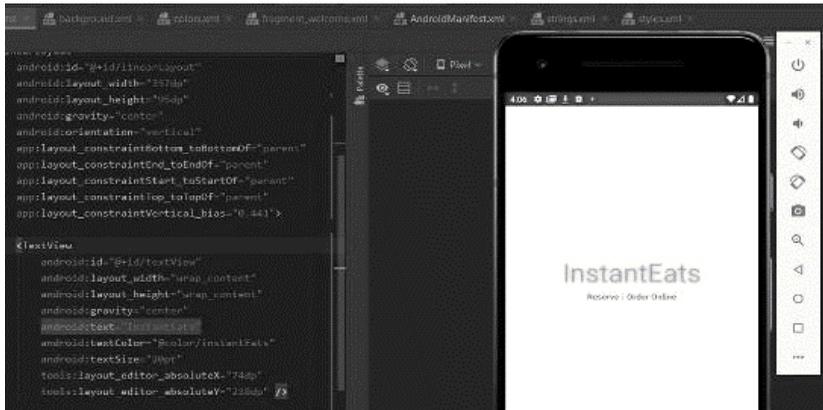


Рис. 2. Главная страница

Первое, с чем встречается пользователь, это название приложения «Instant Eats». Так, каждое действие имеет идентификатор, который может быть использован для навигации по этим фрагментам и идентификатор назначения [2].

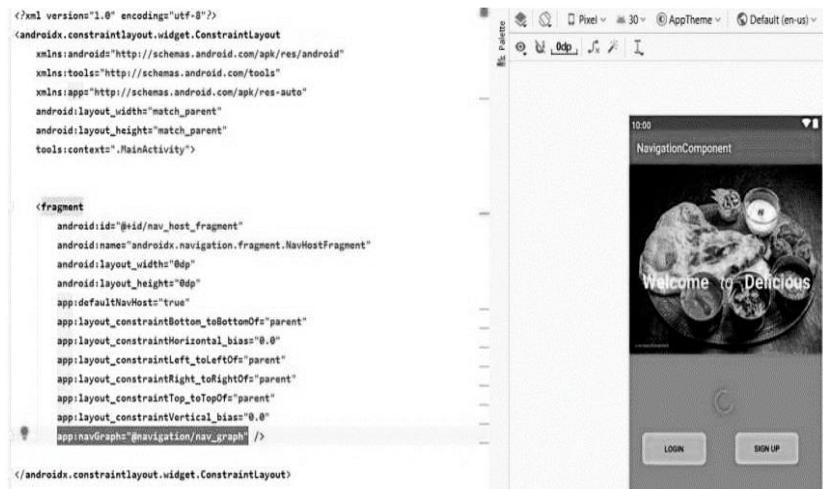


Рис. 3. Главное меню регистрации

Из рис. 3 мы можем видеть запуск главного меню регистрации, с которого начинаются все действия. Основной фрагмент содержит два действия, одно из которых переходит к фрагменту входа в систему, а другое – к фрагменту регистрации.

После входа в систему пользователь может перейти к основным фрагментам, где есть нижняя навигация с меню, скидкой, корзиной, книгой и многое другое (рис. 4).

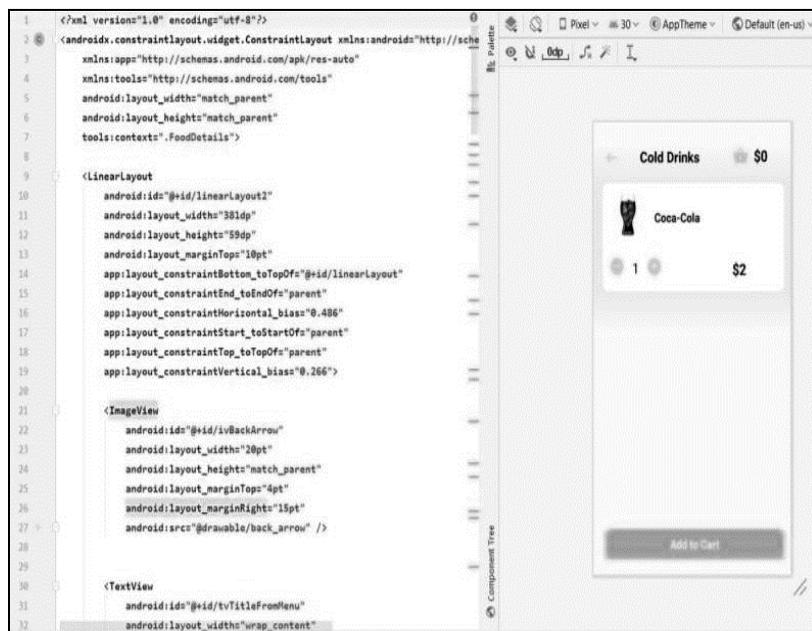


Рис. 4. Меню

Предложенная система соответствует современным тенденциям – автоматизация рутинных задач, что повысит производительность труда, а также компания станет более привлекательной для потенциальных клиентов [3]. Наладится взаимодействие различных отделов, так как значительно облегчается работа официантов и кухни. Клиенты довольны быстрой подачей и удобством заказа блюд. Ресторан становится более востребован и интересен. На данный момент ведется разработка физической и логической базы данных приложения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Интернет-блог tproger.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tproger.ru/translations/kotlin-vs-javaandroid/> (дата обращения: 09.04.2020).

2. Информационный портал «Программирование под Android» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://pr0andr0id.blogspot.com/2014/02/blog-post\\_21.html](http://pr0andr0id.blogspot.com/2014/02/blog-post_21.html) (дата обращения: 26.03.2020).

3. Национальный открытый университет «ИНТУИТ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.intuit.ru/studies/courses/12643/1191/lecture/21980> (дата обращения: 12.03.2020).

УДК 612.82

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОИНТЕРФЕЙСА MUSE В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

*Л.Н. Стахин, А.М. Потлог, А.С. Слесаренко, студенты каф. КСУП  
Научный руководитель Ю.О. Лобода, доцент каф. КИБЭВС, к.пед.н.  
г. Томск, ТУСУР, lewantay@gmail.com*

Проводится исследование возможностей нейроинтерфейса Muse. По полученным данным с нейроинтерфейса построен график и проведен анализ. Приведены аргументы того, что рассматриваемый прибор полезен в образовательных целях.

**Ключевые слова:** нейроинтерфейс, Muse, нейротехнологии, образование, ЭЭГ.

Использование нейроинтерфейсов в образовательном процессе является инновационным подходом, но именно такое решение дает положительные результаты во время работы с обучающимися. Нейроинтерфейс будет особенно полезным для обучающихся, имеющих расстройства аутистического спектра, так как именно этой группе людей требуется наиболее эффективная помощь и большое количество уделяемого времени [1]. Цель работы состоит в подробном разборе принципа работы нейроинтерфейса Muse и определении его влияния на работу с обучающимися.

Нейрокомпьютерный интерфейс (нейроинтерфейс) – система, обеспечивающая обмен информацией между мозгом и электронным устройством. Отличием нейроинтерфейса от нейромодуляции является возможность обеспечения двунаправленного потока информации.

Биоэлектрическая активность (БЭА) используется в качестве базового метода исследования состояния головного мозга. Основным же методом исследования БЭА является электроэнцефалограмма (ЭЭГ). Такой метод позволяет зафиксировать отклонения от нормальных показателей с определением локализации. Регистрация ЭЭГ производится с помощью электродов электроэнцефалографа (в нашем случае – нейроинтерфейса).

Стандартный протокол обследования с помощью нейроинтерфейса включает в себя запись в состоянии сна или бодрствования. Обследование с помощью ЭЭГ происходит по стандартному протоколу, который включает в себя запись в состоянии бодрствования или сна, совместно с применением функциональных нагрузок.

Нейроинтерфейс Muse состоит из семи датчиков, получающих и распознающих сигналы мозговой активности, пять из которых лобных и два заушных контакта. Внешний вид устройства представлен на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид нейроинтерфейса Muse: 1 – эталонный датчик; 2 – регуляторы размера; 3 – кнопка включения устройства; 4 – светодиоды; 5 – разъем для зарядки устройства; 6 – нейтральные ушные датчики; 7 – лобные гироскопические сенсоры

Как было сказано выше, датчики нейроинтерфейса позволяют снимать ЭЭГ-сигнал, на основе которого можно отслеживать психофизиологические состояния обучающегося. Это делает возможным вести мониторинг показателей. На основе полученных с ЭЭГ значений можно определить состояние и потенциал ученика. Данная информация помогает повысить качество образования обучающегося, давая возможность своевременно подавать обучающему сигнал о нежелательном состоянии. Также достигается экономия до 50% времени работы специалистов, снижение трудозатрат [3].

Примеры полученных данных, отражающие различие показателей во время активной мозговой деятельности и во время спокойствия, представлены на рис. 2.

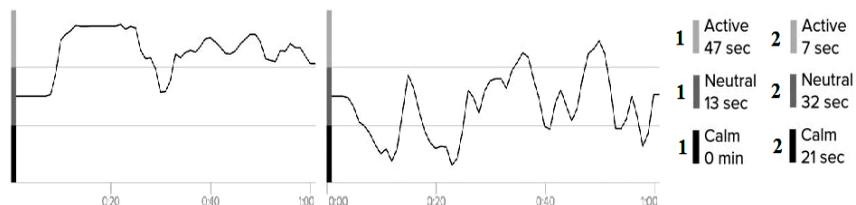


Рис. 2. Пример полученных в ходе личного эксперимента данных во время состояния активной мозговой деятельности (1) и спокойствия (2)

Основываясь на полученных данных, можно утверждать, что в ходе активной мозговой деятельности (1) нейроинтерфейс зафиксиро-

вал соответствующие изменения показателей, а во время кратковременной медитации (2), мозг находился преимущественно в состоянии покоя, что видно на рисунке.

Различие между приведенными примерами, вызванное изменением состояния обучающегося в ходе личного эксперимента, подтверждает эффективность нейроинтерфейса Muse.

Подводя итоги, можно сказать, что использование нейрокомпьютерного интерфейса повышает качество образования и экономит время работы специалистов, что очень важно для обучающихся и, в частности, для людей с расстройствами аутистического спектра. Об этом свидетельствует создание проектов, использующих нейроинтерфейс Muse, целью которых является повышение качества обучения у детей с РАС. Примером такого проекта является одноименный проект RAS [4].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Применение программно-аппаратного комплекса RAS для развития детей с РАС / Н.С. Баулина, З.А. Гасымов, Ю.О. Лобода, А.А. Мишина // Инноватика–2020: сб. матер. XVI Междунар. школы-конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск: СТТ, 2020. – С. 438–441.

2. Управление мехатронной рукой / Ю.О. Лобода, С.Г. Катаев, З.А. Гасымов, А.А. Немчанинов // Электронные средства и системы управления: матер. докл. междунар. науч.-практ. конф. – Томск: В-Спектр, 2018. – № 1-2. – С. 191–192.

3. Лобода Ю.О. Программно-аппаратный комплекс для обучения детей с расстройствами аутистического спектра / Ю.О. Лобода, З.А. Гасымов, А.Ю. Любимов // Сб. избран. статей научной сессии ТУСУР. – Томск: В-Спектр, 2020. – № 1-1. – С. 92–95.

4. Патент на изобретение «Система и способ мониторинга и обучения детей с расстройствами аутистического спектра» [Электронный ресурс]. – URL: <https://edrid.ru/rid/219.017.eb74.html>, свободный (дата обращения: 10.03.2021).

УДК 004.932

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗРЕШЕНИЯ WEBP ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ВЕБ-САЙТОВ

*А.С. Слесаренко, А.М. Потлог, Л.Н. Стахин, студенты  
г. Томск, ТУСУР, каф. КСУП, tyomios@mail.ru*

Представлено сравнение формата файлов для хранения изображений webp и стандартных форматов jpeg и png. Представлены преимущества применения webp для хранения изображений в веб-приложениях.

**Ключевые слова:** форматы файлов изображений, webp, jpeg, png, сравнение форматов файлов изображений, оптимизация размера веб-страниц.

Разрешение webP разработано компанией Google в 2010 г. WebP разрабатывался для хранения изображений на веб-сайтах. WebP поддерживает сжатие без потерь качества, сжатие с потерями качества, прозрачность и анимацию. Использование формата webP экономит трафик за счет меньшего веса изображений. На 2021 г. формат webP поддерживают все наиболее популярные браузеры: Google Chrome, Mozilla FireFox, Yandex Browser и Safari.

В ходе работы проведены сравнения размеров изображений формата webP, JPEG и PNG. Для проведения исследования использовалась библиотека libwebp, исходное изображение формата bmp и использование команды «cwebp -jpeg\_like photo.bmp -o output.webp», имеющей потерю качества. Для конвертирования bmp файла в JPEG использовались стандартные возможности windows. Вес файла JPEG составил 244 Кб, в то время как webP файл имеет вес 120 Кб.

Исходя из результатов, изображение формата webP занимает на 51% меньше места, чем изображение формата JPEG. Визуально оценить потерю качества можно на рис. 1, 2.



Рис. 1. Изображение в формате JPEG



Рис. 2. Изображение в формате webP

Рассмотрим случай, когда при кодировании изображения потеря качества отсутствует. Для этого используется команда «./cwebp -q 70 -lossless image.bmp -o -output.webp». Полученные из bmp-файла JPEG и PNG и WebP изображения весят 244, 1 858 и 818 Кб соответственно.

Для измерения скорости загрузки сайта использовался плагин Analyze Page Perfomance, определяющий скорость загрузки css, js-файлов и изображений, используемых на странице. Была создана веб-страница, включающая css-файл и 9 изображений формата JPEG с разрешением 1980×1280. После измерения скорости загрузки изображения были заменены на аналогичные формата webP. Подключение к веб-странице произведено через запуск сервера, написанного на Flask по адресу <http://127.0.0.1:5000/>. Скорость загрузки веб-страницы с

изображениями формата JPEG составила 0,413 с, в то время как та же страница с использованием webP загрузилась за 0,216 с.

Использование изображений в формате webP вместо форматов JPEG и PNG может дать уменьшение размера файлов изображений без заметной потери качества, что, в свою очередь, позволяет уменьшить объём трафика при загрузке веб-приложений. Таким образом, преобразование изображений в формат webP может рекомендоваться как способ достижения уменьшения нагрузки на веб-приложения с большим количеством изображений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. A new image format for the Web [Электронный ресурс]. – URL: <https://developers.google.com/speed/webp> (дата обращения: 15.03.2021).
2. Cwebp [Электронный ресурс]. – URL: <https://developers.google.com/speed/webp/docs/cwebp> (дата обращения: 12.03.2021).
3. Analyze Page Performance [Электронный ресурс]. – URL: <https://chrome.google.com/webstore/detail/analyze-page-performance/hemibacgn-dhdhkfahkjdedjdgfapmfki> (дата обращения: 13.03.2021).
4. Flask Documentation (1.1.x) [Электронный ресурс]. – URL: <https://flask.palletsprojects.com/en/1.1.x/> (дата обращения: 13.03.2021).
5. WebP [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/WebP> (дата обращения: 13.03.2021).
6. Основы CSS [Электронный ресурс]. – URL: [https://developer.mozilla.org/ru/docs/Learn/Getting\\_started\\_with\\_the\\_web/CSS\\_basics](https://developer.mozilla.org/ru/docs/Learn/Getting_started_with_the_web/CSS_basics) (дата обращения: 13.03.2021).

УДК 004.451.9

### **ПРОГРАММИРОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ С ПОМОЩЬЮ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ**

*А.М. Потлог, А.С. Слесаренко, Л.Н. Стахин, студенты  
г. Томск, ТУСУР, каф. КСУП, arroga077@gmail.com*

Описаны проблемы работы с регистрами при программировании микроконтроллеров. Для решения указанных проблем предлагается использовать RIOT OS.

**Ключевые слова:** программирование регистров микроконтроллеров, CMSIS, SPL, RIOT OS.

Для программирования микроконтроллеров программистом следует уметь работать с регистрами.

Но работать с числовыми адресами неудобно, и поэтому для некоторых микроконтроллеров существует библиотека CMSIS (Cortex Microcontroller Software Interface Standard) [1], которая предоставляет заголовочный файл с описанием регистров для конкретного микро-

контроллера. Например, к регистру 0x40011018 можно обратиться, используя символическое имя GPIOC\_BSSR.

### **Минусы CMSIS**

- Разные файлы CMSIS для процессоров даже одной линейки.
- Использование символических имен вместо числовых адресов снижает вероятность ошибки, но не делает код более читаемым.

Исходя из этих минусов, производители микроконтроллеров начали выпускать вспомогательные библиотеки, которые собирают наборы обращения к регистрам в функции. Для STM32[3] такая библиотека называется Standard Peripherals Library [4]. С помощью SPL можно намного быстрее написать основу проекта, так как все обращения к регистрам превратятся в обращения к функциям, при этом код будет работать на разных микроконтроллерах линейки STM32.

### **Минусы SPL**

– Пользователь может не совсем правильно представлять себе, как работает та или иная функция, и в случае ошибок все равно придется разбираться, как работает функция на уровне регистров.

– SPL не всегда решает проблему читаемости кода, потому что может получиться такое, что программа будет состоять только из одних функций SPL.

Несмотря на то, что SPL решает проблему абстракции от непосредственной работы с устройством, при работе в большом проекте могут возникнуть еще несколько проблем.

Например:

- Виртуализация периферийных устройств.
- Многозадачность.
- Разделение обязанностей в команде [5].

Все эти проблемы может решить **операционная система RIOT OS** [2].

**Виртуализация периферийных устройств.** Например, в устройстве есть один таймер, на который можно установить два события, но в реальном проекте могут быть десятки функций, которые постоянно используют таймер. В этом случае потребуется функция-менеджер, которая сможет организовать работу всех функций с одним таймером.

Физически в процессоре есть один таймер часов реального времени, но операционная система позволяет создавать сколько угодно переменных `rtctimers` (real time clock).

**Многозадачность.** Например, обработка прерываний. Когда во время выполнения программы возникает исключительная ситуация, нужно прервать выполняющийся поток, выполнить поток по обработ-

ке исключения, и продолжить выполнять прерванный поток. При этом еще и передавать сообщения от одного потока к другому.

Обмен данными между потоками осуществляется с помощью `ipc` (inter-process communication) [6]. Поток оставляет в какой-то области памяти сообщение, а другой поток реагирует на сообщения если в этой области памяти что-то появилось.

**Разделение обязанностей в команде.** Например, в команде есть два человека, один из них пишет высокоуровневый алгоритм мигания светодиодом, а другой под этот алгоритм пишет низкоуровневый код для определенного процессора. Операционная система позволяет работать двум программистам независимо друг от друга за счет своей файловой структуры.

В RIOT OS присутствуют основные компоненты операционной системы: HAL (Hardware Abstraction Layer) лежит в папке `cpu`; описания плат – `boards`; драйверы внешних устройств – `drivers`; ядро операционной системы – `core`; системные и вспомогательные сервисы ОС – `sys`; пользовательские приложения – `examples`.

Пользовательские приложения, компилируются вместе с операционной системой, со всем набором драйверов и модулей в единый файл, который потом загружается в память микроконтроллера. Операционная система берёт на себя всё взаимодействие с микроконтроллером.

## ЛИТЕРАТУРА

1. CMSIS [Электронный ресурс]. – URL: [https://github.com/ARM-software/CMSIS\\_5](https://github.com/ARM-software/CMSIS_5) (дата обращения: 15.03.2021).
2. RIOT OS wiki [Электронный ресурс]. – URL: <https://github.com/RIOT-OS/RIOT/wiki> (дата обращения: 14.03.2021).
3. STM32 [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/STM32> (дата обращения: 15.03.2021).
4. Standard Peripherals Library [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.st.com/en/embedded-software/stm32-standard-peripheral-libraries.html> (дата обращения: 15.03.2021).
5. Программирование современных микроконтроллеров: лекция 1 [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/company/samsung/blog/411143/> (дата обращения: 15.03.2021).
6. Inter-process communication. [Электронный ресурс]. – URL: [https://riot-os.org/api/group\\_core\\_msg.html](https://riot-os.org/api/group_core_msg.html) (дата обращения: 15.03.2021).

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДАПТИВНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ РАБОТНИКОВ**

*О.В. Высоцкая, студентка;*

*Н.Ю. Хабибулина, к.т.н., доцент каф. КСУП*

*г. Томск, ТУСУР, oyuaaa42@gmail.com*

*Проект ГПО КСУП-2102 «Разработка программного комплекса  
для оценки профессиональных компетенций работников  
ООО «Газпром трансгаз Томск»»*

Рассмотрены адаптивное тестирование как элемент современного оценивания уровня развития профессиональных компетенций, актуальность адаптивного тестирования, процедура создания и проведения данного вида тестирования.

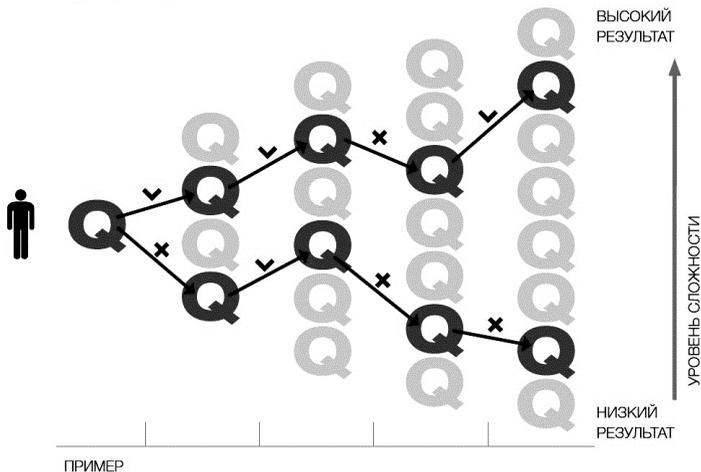
**Ключевые слова:** адаптивное тестирование, профессиональные компетенции, уровни сформированности.

Тестирование играет значительную роль в процессе выявления знаний, умений, навыков и профессиональных компетенций людей в какой-либо сфере. Традиционное тестирование, наиболее распространённое в настоящий момент, характеризуется представлением одинаковых заданий в одинаковых условиях (единые правила оценивания, единый порядок формирования теста и т.д.). С течением времени тест уже не может показать реальные знания и возможности тестируемого. Для устранения данных недостатков традиционного тестирования развивается адаптированное тестирование. Оно позволяет не только оценить уровень компетенций, но и указать на самые узкие места в знаниях. Методологии адаптивного тестирования интересны и различным предприятиям для оценки уровня профессиональных компетенций. В частности, на кафедре КСУП совместно с ООО «Газпром трансгаз Томск» разрабатывается программный комплекс для оценки профессиональных компетенций работников ООО «Газпром трансгаз Томск», в основе которого и используется адаптированное тестирование.

**Адаптивное тестирование** [1] (adaptive testing) – тестирование, где каждый следующий вопрос подбирается автоматически, исходя из ответов, данных на предыдущие вопросы, и определенного заранее уровня сложности (рис. 1). Главное отличие адаптивного тестирования от традиционного – это динамическое распределение вопросов в реальном времени, а не статическое определение списка вопросов. Для каждого тестируемого подбирается индивидуальная траектория тестирования – выбор следующего вопроса определяется индивиду-

альными особенностями человека, а не общими правилами, как это происходит в традиционном тесте.

Прохождение адаптивного теста



ПРИМЕР

Рис. 1. Пример прохождения адаптивного теста

**Методология разработки и проведения адаптивного тестирования.** Представим в виде схемы методологию настройки и проведения адаптивного теста (рис. 2). Существуют следующие варианты распределения вопросов:

– Равномерное распределение – определенное количество вопросов каждого уровня сложности. Например, не менее 8 вопросов каждого уровня.

– «Пирамида» – сортировка количества вопросов представляется в виде «пирамиды», т.е. более простых вопросов больше, чем сложных.

– Автоматическое распределение по уровням сложности (см. рис. 1) – на выборочных участниках проводится первичное тестирование, по результатам которого определяется степень сложности вопросов в соответствии с ответами участников. Вопросы, набравшие большинство правильных ответов, считаются самыми простыми, а вопросы с наименьшим числом правильных ответов – самыми сложными.

**Алгоритм адаптивного теста.** На рис. 3 представлен пример алгоритма адаптивного теста.

1. Выбор уровня сложности вопроса, с которого начнется тест. Например, уровней три: легкий, средний и сложный. Решили, что начнем со среднего уровня.

2. Понижаем или повышаем уровень следующего вопроса в зависимости от ответа (правильно / неправильно).

3. Если тестируемый правильно ответил на какой-то процент (количество вопросов) по определенной теме, осуществляется переход на другую тему автоматически.



Рис. 2. Методология разработки и проведения адаптивного тестирования

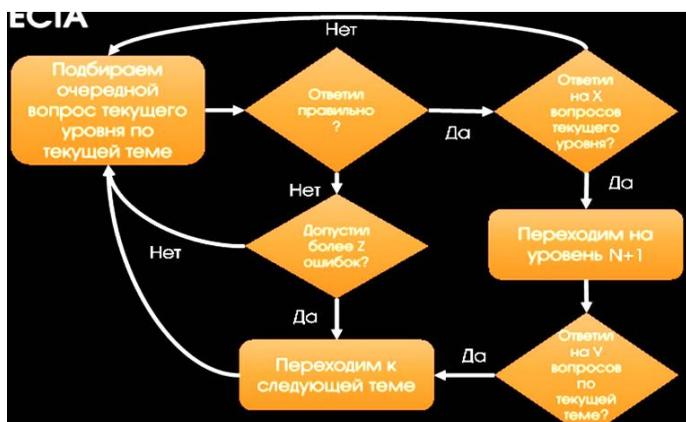


Рис. 3. Пример алгоритма адаптивного теста

**Результаты адаптивного тестирования.** Результаты представляются в виде таблиц процентных соотношений по количеству правильных ответов каждого блока теста и по уровню сложности. Анализ результатов тестирования является основой не только для повышения качества теста, но и, самое главное, для построения индивидуальной траектории обучения.

**Пример адаптивного тестирования.** Одним из ярких примеров адаптивного тестирования является Oxford Placement Test [2] (OPT) – это компьютерно-адаптивный тест по английскому языку. Тест разработан издательством Oxford University Press (OUP) для предоставления учебным заведениям возможности быстро разделить студентов на группы по соответствующему уровню владения английским языком.

**Программный комплекс оценки профессиональных компетенций работников.** Целью группы ГПО является разработка программного комплекса для оценки профессиональных компетенций работников ООО «Газпром трансгаз Томск». Данный программный комплекс представляет собой систему тестирования, базирующуюся на методологии адаптивного теста и позволяющую оценить разные профессиональные компетенции работников предприятия по 5 уровням (уровень осведомленности, уровень знания, уровень опыта, уровень мастерства и уровень экспертный). Результаты тестирования используются для формирования индивидуальной траектории обучения отдельного сотрудника. Схема оценки компетенции и формирования рекомендаций с использованием программного комплекса представлена на рис. 4.



Рис. 4. Схема оценки компетенции и формирования рекомендаций

Представленная выше методология адаптивного тестирования используется при формировании фонда оценочных средств и в процессе тестирования. Программный комплекс разрабатывается в виде веб-приложения.

**Заключение.** Представленные идеи формирования и проведения адаптивного тестирования взяты за основу для создания программного комплекса оценки уровня компетенций работников ООО «Газпром трансгаз Томск».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Волков Д., Носова Н., Гирич М., Приходько М. Методические рекомендации по разработке и проведению адаптивного тестирования. – М.: АНО «Корпоративный университет Сбербанка», 2017. – 370 с.

2. Адаптивный тест – Oxford Placement Test [Электронный ресурс]. – URL: <https://oxford-test.com/> (дата обращения: 07.03.2021).

УДК 681.51

### ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОТОКОЛА ETHERCAT В СФЕРЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

*А.Е. Сахабутдинов, магистрант*

*Научный руководитель Н.Ю. Хабибулина, доцент каф. КСУП, к.т.н.  
г. Томск, ТУСУР, каф. КСУП, hnu@ksup.tusur.ru*

Приводятся краткая суть промышленного протокола EtherCAT, преимущества и перспективы его развития в разных областях автоматизации технологических процессов.

**Ключевые слова:** автоматизация, протокол, EtherCAT, Beckhoff, пакет данных, кадр, стандарт, ПЛК, EtherCAT G.

В сфере автоматизации технологических процессов в качестве средства передачи данных о сигналах между ведущим и ведомыми устройствами служат промышленные протоколы, относящиеся к стандарту Industrial Ethernet. Одним из таких протоколов является промышленный протокол EtherCAT.

EtherCAT разработан компанией Beckhoff с целью автоматизации приложений за счет обеспечения частого обновления времени (времени цикла), устранения нежелательных фазовых или частотных отклонений сигнала (джиттера), а также за счет возможности исключения влияния отказа одного из узлов сети на работу целого сегмента или нескольких сегментов сети (резервирования сети) [1].

Суть работы протокола следующая: в отличие от промышленного Ethernet, где пакеты данных принимаются ведомыми устройствами

полностью, EtherCAT работает иным образом. Сначала устройство принимает пакет и затем начинает считывать заголовок. Как только устройство понимает, что этот пакет содержит EtherCAT кадры, оно начинает отсылать пакет дальше, заменяя нужные биты в кадрах. Пакеты данных представляют собой набор кадров.

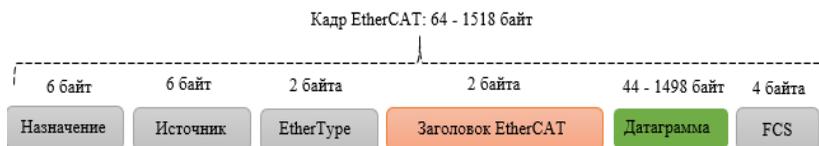


Рис. 1. Структура кадра EtherCAT

В назначении указывается устройство, которому адресованы данные. Источником служит непосредственно устройство, которое изначально послало кадр. Поле EtherType определяет тип протокола инкапсулированных в кадр данных. FCS (frame check sequence) определяет контрольную сумму кадра, по которой можно выявить ошибку при передаче данных.

Таким образом, данная структура кадра позволяет организовать работу сети таким образом, что на передачу большого количества данных уходит меньше времени благодаря отсутствию ожидания принятия и обработки всего кадра ведомым устройством.

Преимущества данного протокола заключаются не только в меньшем времени, уходящем на обработку кадров и датаграмм, но и в меньших затратах на организацию сети. Ведущим устройством может быть как стационарный компьютер со встроенной сетевой картой, так и ноутбук, а в качестве ведомого устройства может использоваться специальная плата, поддерживающая работу по протоколу EtherCAT.

Для разработчиков приложений и проектировщиков сетей помимо аппаратного обеспечения доступен и программный пакет TwinCAT, разработанный самой компанией Beckhoff. Данный продукт позволяет организовать на любом компьютере систему управления ПЛК (программируемыми логическими контроллерами) в реальном времени, позволяя обслуживать до четырех пользовательских задач, написанных на разных языках программирования ПЛК (IL, FBD, LD, ST и пр.).

Развитие и применение протокола EtherCAT сосредоточено в тех направлениях, где применение традиционных промышленных шин проблематично и затратно в плане финансовых ресурсов:

- распределенные системы управления, в которых применяются разного рода каналы связи, при этом количество передаваемых и об-

рабатываемых данных занимает примерно десять или сотни тысяч сигналов. К таким системам, как правило, относят диспетчерское управление крупными объектами, в котором использование ТСП/IP протоколов крайне необходимо ввиду быстрого времени реакции при передаче больших объемов данных;

- управление процессами, требующими время реакции системы меньше, чем 1 миллисекунда. Если брать другую традиционную последовательную промышленную шину, то её быстродействие может занимать сотни миллисекунд;

- системы, сосредоточенные на синхронном сборе огромного количества сигналов. К таким относятся стенды, содержащие примерно 1 500 распределенных аналоговых каналов ввода/вывода, которые необходимо опрашивать каждые 100 микросекунд;

- стандартные системы управления технологическими процессами, в которых важными параметрами являются удобство монтажа, гибкость топологии сети, возможность резервирования каналов связи с устройствами объектов, экономичность решений [2].

На 2020 г. насчитывается больше 5 000 производителей оборудования, входящих в членство организации ETG (EtherCAT Technology Group) (рис. 2) [3]. Среди них присутствуют компании, занимающиеся производством сервоприводов, модулей распределенного ввода / вывода, управляющих систем с возможностью работы EtherCAT в качестве ведущего устройства.



Рис. 2. Членство EtherCAT Technology Group

Также совсем недавно компания Beckhoff закрепила официальную поддержку EtherCAT G. Это дополнение к стандарту EtherCAT, позволяющее сетям протокола EtherCAT официально работать на стандартах Gigabit Ethernet (EtherCAT G) и 10G Ethernet (EtherCAT G10) [4]. Поддержка данных технологий позволяет передавать данные в сетях EtherCAT с гораздо большей скоростью по сравнению со стандартом Fast Ethernet (100 Мбит/с).

На данный момент перспективы развития и применения протокола EtherCAT заключаются в его обширном использовании в современных embedded-системах (встраиваемых системах). Поскольку embedded-решения с каждым годом становятся популярными и востребованными в области автоматизации технологических процессов, компания Beckhoff выдвигает новые решения с целью сделать прото-

кол EtherCAT более доступным для начинающих и опытных разработчиков промышленных сетей и устройств.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Айтбаева Ж.К. Технологии резервирования промышленных сетей Ethernet и перспективы развития // Вестник науки. Инновации в науке и практике: сб. статей по матер. III Междунар. науч.-практ. конф., 10 ноября 2017 г., г. Прага: в 4 ч. – Ч. 2. – Уфа: Дендра, 2017. – 214 с.
2. Журнал «ИСУП». Отраслевой научно-технический журнал. Промышленный Ethernet – особенности применения. – 2020. – Вып. № 5(89). – 156 с.
3. EtherCAT Technology Group. Membership [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ethercat.org/en/members.html> (дата обращения: 05.03.2021).
4. EtherCAT Technology Group. EtherCAT G [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ethercat.org/en/ethercat-g.html> (дата обращения: 06.03.2021).

УДК 654.935

### **GSM-СИГНАЛИЗАЦИЯ ДЛЯ МОТОЦИКЛОВ**

*М.Е. Коберник, А.А. Копытов, Д.В. Щуцкая,*

*К.В. Семенюта, студенты*

*г. Томск, НИ ТПУ*

Изготовлена gsm-сигнализация, проведено проектирование печатных плат и корпусов для её пульта и блока, написано программное обеспечение. Экспериментально протестирована эффективность устройства, проведен сравнительный анализ с аналогами, представленными на рынке.

**Ключевые слова:** сигнализация, передатчик, приемник, atmega, attiny, gsm, гироскоп-модуль, датчик удара.

На сегодняшний день, кроме легковых автомобилей, угону и актам вандализма подвергаются и мотоциклы. Изначально главным способом защиты был замок блокировки руля. Однако, злоумышленник с помощью грубой силы может обойти данный охранный метод. Также этот способ защиты не спасет от вандальных действий. Сейчас для обеспечения безопасности двухколёсного средства используют различные мото-сигнализации [1].

В настоящее время мотоциклы с боковым прицепом весьма популярны, однако очень сложно найти сигнализации на них (обычная сигнализация не срабатывает на вибрации или удары в боковом прицепе). Также для несовременных мотоциклов, как правило, приходится отключать часть функций сигнализации из-за устаревшей конструкции техники (например, функцию автозапуска), которые в свою

очередь заметно прибавляют в стоимости сигнализации [2]. Рациональный способ решения этой проблемы – GSM-сигнализация, которая:

- имеет высокий уровень безопасности и низкую стоимость за счет оптимально подобранных функций;
- срабатывает при ударе, вибрации, при изменении наклона, а также ускорении мотоцикла;
- обеспечивает безопасность не только соло-мотоцикла, но и мотоцикла с боковым прицепом;
- имеет обратную связь с телефоном владельца.

Блок сигнализации собран на контроллере ATMEGA8 [3]. В нем используются модуль GSM, модуль гироскопа и акселерометра, модуль для связи с пультом, отдельно выведен датчик удара, который подключается в случае использования бокового прицепа. Блок сигнализации имеет 3 канала для подключения нагрузки – на них можно подключить аварийную сигнализацию, динамик, выполнить защитный разрыв цепи зажигания мотоцикла. Блок сигнализации оборудован светодиодом индикации работы, который может быть отключен по желанию владельца, а также зуммером для подачи звукового сигнала о постановке/снятии на охрану. Схема блока сигнализации представлена на рис. 1.

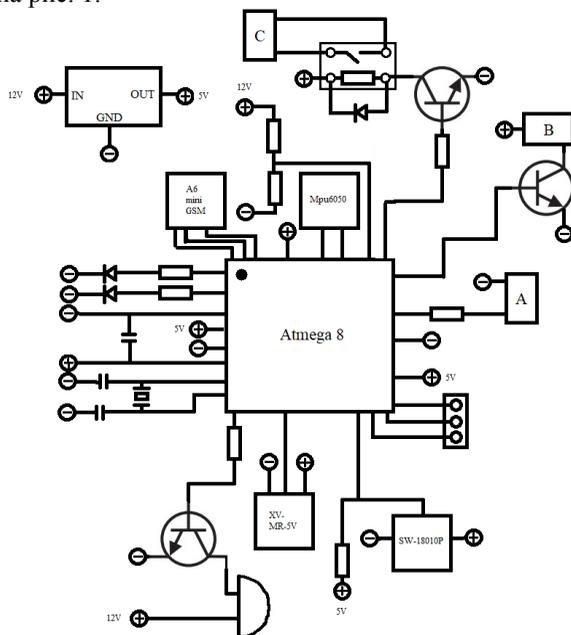


Рис. 1. Схема блока сигнализации

Пульт для сигнализации собран на контроллере ATTINY13 [4]. В нем используется модуль для связи с блоком сигнализации, кнопка. В пульте предусмотрено место под небольшую антенну для усиления сигнала и увеличения дальности действия. Схема пульта для сигнализации представлена на рис. 2.

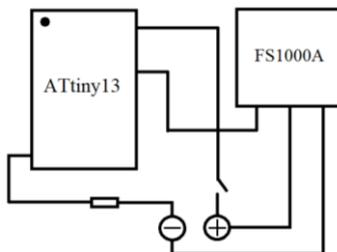


Рис. 2. Схема пульта для сигнализации

В результате проведенных экспериментов, были получены следующие итоги:

1. Максимальная дальность приема сигнала пульта – 15 м.
2. Энергопотребление в режиме охраны 0,4 Вт. Таким образом, при использовании штатного аккумулятора мотоцикла емкостью 7 А\*ч, сигнализация сможет работать не менее 200 ч в режиме ожидания.
3. Сигнализация корректно работает во всех режимах эксплуатации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мото-сигнализация Pandora DXL 4200 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/TUdnQ>, свободный.
2. GSM/GPRS трекер для мотоциклов, скутеров и автомобилей GT005: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/TUdmu>, свободный.
3. Контроллер Atmega328 8-Bit megaAVR picoPower Microcontrollers: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/TUdmH>, свободный.
4. Контроллер Attiny13 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://clck.ru/TUdmd>, свободный.

# СОДЕРЖАНИЕ

## СЕКЦИЯ 3

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ

#### Подсекция 3.1

#### ИНТЕГРИРОВАННЫЕ

#### ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

*Председатель секции – Катаев М.Ю., проф. каф. АСУ, д.т.н.;*

*зам. председателя – Суханов А.Я., доцент каф. АСУ, к.т.н.*

- П.Д. Тихонов, Е.Е. Мансуров, А.В. Анфилофьев*  
МОДУЛЬ ОБРАБОТКИ АУДИОПОТОКА НА ПЛАТФОРМЕ UNITY ..... 11
- А.В. Анфилофьев, П.Д. Тихонов, Е.Е. Мансуров*  
ОБЗОР МОДУЛЕЙ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
С ВИРТУАЛЬНЫМ РОБОТОМ ..... 13
- Е.Е. Мансуров, П.Д. Тихонов, А.В. Анфилофьев*  
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТАЭВРИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ  
ОПТИМИЗАЦИИ, ИМИТИРУЮЩИХ ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ..... 15
- Е.Е. Мансуров, П.Д. Тихонов, А.В. Анфилофьев*  
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТАЭВРИСТИЧЕСКИХ  
МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ ГРУППЫ «РОЕВОГО» ИНТЕЛЛЕКТА .... 17
- Р.Р. Котюбеев*  
ПРИМЕНЕНИЕ ПРАВИЛ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ОСНОВНЫХ ФАКТОВ  
ИЗ ЭЛЕКТРОННЫХ МЕДИЦИНСКИХ ЗАПИСЕЙ НА ОСНОВЕ  
КОНТЕКСТНО-СВОБОДНОЙ ГРАММАТИКИ..... 20
- А.С. Попов, Д.Е. Малиновский, И.П. Корнев, С.Д. Москалев, М.С. Груббе*  
МОНИТОР КОМПЛЕКТУЮЩИХ ПЕРСОНАЛЬНОГО  
КОМПЬЮТЕРА И АВТОМАТИЧЕСКИЙ «РЕОБАС» ..... 23
- Е.Е. Мансуров, А.В. Анфилофьев, П.Д. Тихонов*  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ  
С ВИРТУАЛЬНЫМ РОБОТОМ..... 25
- К.С. Некипелов, А.А. Мороз*  
РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОБРАБОТКИ ПОХОДКИ ЧЕЛОВЕКА  
ПО ЕГО ИЗОБРАЖЕНИЯМ. .... 27
- П.Д. Тихонов, Е.Е. Мансуров, В.М. Мурыгин*  
УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ КОМПЛЕКС  
«МЕТАЭВРИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ» ..... 30
- А.А. Мороз, К.С. Некипелов*  
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРОГРАММЫ ПОСТРОЕНИЯ  
СКЕЛЕТНОЙ МОДЕЛИ ЧЕЛОВЕКА ПО ЕГО ИЗОБРАЖЕНИЮ ..... 32

<i>Е.А. Буянкина, К.С. Вильчинский, Э.А. Пархоменко, М.А. Самохин, В.С. Сергеев</i>	
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛЫМ ПОЛОМ, ИНФОРМИРОВАНИЕ ОБ УТЕЧКЕ ГАЗА И ОТСЛЕЖИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА ПОМЕЩЕНИЯ (ТЕМПЕРАТУРА, ВЛАЖНОСТЬ) .....	35
<i>И.В. Литовкин, К.Д. Глухих, Г.В. Прохорова, Д.В. Пигорев, Р.А. Сарибекян</i>	
ВЛИЯНИЕ КАРАНТИНА 2020 ГОДА НА УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ АТМОСФЕРЫ ЗЕМЛИ .....	38
<i>А.С. Новикова, С.А. Хоменкова, К.К. Плехова, А.Д. Ковейлер</i>	
ИЗУЧЕНИЕ АЛГОРИТМА ЗАХВАТА ДВИЖЕНИЯ VNEST .....	41
<i>П.Г. Постников</i>	
РАСПОЗНАВАНИЕ РЕЧИ ПРИ ПОМОЩИ НЕЙРОСЕТИ .....	44
<i>А.С. Прокудин, М.А. Беляева, А.В. Сороковиков, В.А. Якушин, Н.Ф. Зимин</i>	
ВЛИЯНИЕ МЕГАПОЛИСОВ НА ОБЩЕЕ СОДЕРЖАНИЕ CO <sub>2</sub> В АТМОСФЕРЕ ЗЕМЛИ .....	47

### **Подсекция 3.2**

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

*Председатель секции – Сенченко П.В., проректор по учебной работе  
ТУСУРа, доцент каф. АОИ, к.т.н.;*  
*зам. председателя – Сидоров А.А., зав. каф. АОИ, к.т.н.*

<i>М.А. Черкасова</i>	
ТЕСТИРОВАНИЕ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ПРИ ПОМОЩИ ЭМУЛЯТОРОВ .....	50
<i>К.Б. Казакова, А.С. Каписеев</i>	
ПРЕДПОСЫЛКИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОЦЕССОВ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ, НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК .....	52
<i>Д.Е. Павликов, М.А. Пиккуль, Е.С. Бощенко, А.В. Тищенко</i>	
ПРОТОКОЛ MQTT ДЛЯ КОММУНИКАЦИИ СИСТЕМЫ С УДАЛЕННЫМ СЕРВЕРОМ .....	55
<i>А.С. Воронцов, А.С. Семенов</i>	
РАСПРЕДЕЛЁННЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС АНАЛИЗА РЕЧИ .....	57

### **Подсекция 3.3**

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

*Председатель секции – Дмитриев В.М., проф. каф. КСУП, д.т.н.;*  
*зам. председателя – Ганджа Т.В., проф. каф. КСУП, д.т.н.*

##### **Н.В. Мезюха**

ПРОТОТИП ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ  
ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ МОНОГОРОДОВ ..... 61

##### **Р.Е. Богачёв, А.С. Бондаренко, Д.А. Неверовский, А.А. Пивоваров**

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО  
УПРАВЛЕНИЯ ОТОПЛЕНИЕМ ..... 63

##### **А.А. Сидоров**

ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
(HARDWARE-IN-THE-LOOP) ..... 66

##### **Ю.А. Поярков, А.А. Супин, А.Е. Сахобутдинов, Л.В. Цицилев**

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД НА ОСНОВЕ КОНТРОЛЛЕРА S7-1200  
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПИД-РЕГУЛЯТОРА ..... 69

##### **А.А. Кун, К.С. Жохов**

ПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ СТАНЦИЕЙ  
РЕСУРСНЫХ ИСПЫТАНИЙ СВЧ-ПЕРЕХОДОВ ..... 73

### **Подсекция 3.4**

#### **ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ**

*Председатель секции – Ходашинский И.А., проф. каф. КИБЭВС, д.т.н.;*  
*зам. председателя – Сарин К.С., доцент каф. КИБЭВС, к.т.н.*

##### **А.Д. Ажирбаев**

ОБЗОР МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ С  
ИЗОБРАЖЕНИЯМИ С ПОМОЩЬЮ ФРЕЙМВОРКА TENSORFLOW ..... 76

##### **В.С. Ерохин**

НАХОЖДЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ЗАДАНЫХ  
МАТЕМАТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ С ПОМОЩЬЮ  
МЕТАЭВРИСТИКИ MOTN SEARCH ALGORITHM ..... 80

##### **Я.В. Гребнев, А.К. Москалев**

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ  
НЕЙРОСЕТЕВЫМИ МЕТОДАМИ ..... 83

##### **К.К. Григорьев**

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ АЛГОРИТМА РОСТА ДЕРЕВА ..... 85

##### **П.Ю. Лаптев, А.Е. Гужов, А.А. Гриценко, Н.Д. Шабанов, С.А. Давыденко**

СОЗДАНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ ..... 89

<b>А.А. Хоменко</b>	МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ ГАРМОНИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ КВАЗИПЕРИОДИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ НА ПРИМЕРЕ ДИНАМИКИ ПРОСТАНОВКИ ПОДПИСИ .....	92
<b>В.Я. Лешков</b>	СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ЦИФРОВЫХ СИМВОЛОВ .....	95
<b>Д.И. Новохрестова</b>	ВЫБОР МЕТРИКИ ДЛЯ СРАВНЕНИЯ ЗАПИСЕЙ СЛОГОВ .....	97
<b>Р.О. Остапенко</b>	АЛГОРИТМ САРАНЧИ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ ФУНКЦИЙ .....	101
<b>М.С. Платонов</b>	НАХОЖДЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ЗАДАННЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ С ПОМОЩЬЮ МЕТАЭВРИСТИКИ BLACK HOLE ALGORITHM .....	103
<b>П.А. Пухова</b>	ПРОВЕРКА СТАТИСТИЧЕСКИХ ГИПОТЕЗ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ИНТЕЛЛЕКТА .....	106
<b>А.Ч. Вамбуев</b>	МЕТАЭВРИСТИКА SELFISH HERD ALGORITHM ДЛЯ ПОИСКА МИНИМУМА МАТЕМАТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ .....	108

### **Подсекция 3.6**

#### **МОЛОДЕЖНЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ НАУЧНЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОЕКТЫ**

*Председатель секции – Костина М.А., доцент каф. УИ, к.т.н.;*  
*зам. председателя – Нариманова Г.Н., зав. каф. УИ, к.ф.-м.н.*

<b>К.С. Ахмерова</b>	АНАЛИЗ ПРОЦЕССА «ПРОВЕРКА И ПРИЕМ ОТЧЕТА ИСПОЛНИТЕЛЯ» С ПОМОЩЬЮ МЕТОДИКИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ .....	111
<b>Т.Н. Мосунова, В.А. Акулякова, Д.Е. Алексеева</b>	ПОДБОР ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММЫ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ИННОВАЦИЙ» .....	115
<b>Я.И. Антоненко</b>	ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ .....	119
<b>Л.В. Ермишина</b>	АНАЛИЗ ЗАТРАТ НА КАЧЕСТВО ГАРАНТИЙНОГО РЕМОНТА В ОРГАНИЗАЦИИ .....	121

<b>Е.И. Косенко</b>	
РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ УНИВЕРСИТЕТСКОЙ СТОЛОВОЙ.....	124
<b>Д.Н. Кудрявцев</b>	
СРАВНЕНИЕ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ МЕТОДОВ МАТРИЧНЫХ ПРОИЗВЕДЕНИЙ В ЯЗЫКЕ PUTHON.....	127
<b>П.А. Мелешенко, А.А. Кононенко</b>	
АНАЛИЗ РЫНКОВ НА ЭТАПАХ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ.....	130
<b>Т.Н. Мосунова</b>	
ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ МЕТОДА ОБРАТНОГО ДИЗАЙНА КАК ПЕРСПЕКТИВНОГО ПОДХОДА К РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММ ДПО .....	133
<b>Т.Б. Колкобаев, Е.А. Руденко</b>	
ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ ПРИМЕНЕНИЯ ОБЛАЧНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА ПО ЗАКУПКАМ.....	137
<b>Е.В. Сафронова, В.С. Сафронов</b>	
КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ДАННЫХ ОБЩЕГО АНАЛИЗА КРОВИ.....	140
<b>О.Ю. Терентьева, Ю.В. Шульгина</b>	
ИЗМЕРЕНИЕ ВОЛНОВОДА С ГРАНИЦЕЙ РАЗДЕЛА ДВУХ СРЕД ....	143
<b>Ван Чжиань</b>	
РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ДЛЯ СЖАТИЯ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ С УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ДАТЧИКОВ.....	146
<b>А.А. Зоркальцев, А.И. Солдатов</b>	
СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕТЕЙ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ.....	148

### **Подсекция 3.7**

#### **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

*Председатель секции – Зариковская Н.В., доцент каф. АОИ,  
зам. ген. директора ООО «АльдераСофт», к.ф.-м.н.*

<b>С.В. Агеев</b>	
ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ МОБИЛЬНОГО AR-ПРИЛОЖЕНИЯ .....	152
<b>Р.А. Арбузов</b>	
РАЗРАБОТКА КЛИЕНТА ОРС UA-СЕРВЕРА .....	154
<b>П.Д. Бертман</b>	
ОБЗОР ВИДОВ ТЕСТИРОВАНИЯ.....	156
<b>Д.В. Доржиев</b>	
АВТОМАТИЗАЦИЯ ИМПОРТА ФОРМАТИРОВАННЫХ ДАННЫХ ИЗ ДОКУМЕНТОВ EXCEL .....	159

<i>А.А. Аборнев, Л.С. Комаров, В.А. Эйхвальд</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В АВТОМАТИЗАЦИИ ПЕРВОЙ ЛИНИИ ТЕХПОДДЕРЖКИ .....	162
<i>Р.К. Карнов</i> РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ПО ОБНАРУЖЕНИЮ БРАКА В ПРОИЗВОДСТВЕ КИРПИЧЕЙ.....	165
<i>А.Р. Вафина, Д.А. Вяткин, Е.Н. Кириллова, В.А. Кирсанов, Н.Д. Зверочкин</i> ЛИНГВИСТИЧЕСКИЙ ПРОГРАММНЫЙ ТРЕНАЖЕР ДЛЯ ИНТЕНСИВНОГО ИЗУЧЕНИЯ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА .....	168
<i>В.К. Шабалин, Д.А. Чебыкин, Д.Д. Пимонов, И.В. Климов, С.А. Краснов</i> ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЯПОНСКОГО ЯЗЫКА.....	172
<i>А.С. Стецко, В.А. Гойник, В.Е. Кузнецов</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАЗМЕЩЕНИЯ ТЕКСТА В ИКОНАХ ДРАКОН-СХЕМ .....	175
<i>А.С. Мазур</i> ОБУЧЕНИЕ ШКОЛЬНИКОВ ПРАВИЛЬНОМУ НАПИСАНИЮ БУКВ И ЦИФР С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННОЙ СЕТИ.....	177
<i>М.Ю. Мелихов</i> ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ИНТЕРПРЕТАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ .....	180
<i>И.А. Лукуц, А.В. Минх, Н.С. Щербакова</i> ПРОГРАММИРОВАНИЕ ИНТЕРФЕЙСА ИНТЕГРИРОВАННОГО ОБУЧАЮЩЕГО ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА. РЕЖИМНЫЙ ТРЕНАЖЁР ДИСПЕТЧЕРА .....	183
<i>Д.А. Мячин</i> ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТИВНОГО И ОТЗЫВЧИВОГО ДИЗАЙНА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ВЕБ-САЙТОВ.....	185
<i>А.В. Потеряева</i> СОВРЕМЕННЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ FRONTEND-РАЗРАБОТЧИКА ....	188
<i>Т.С. Симонов</i> РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ «ПОМОЩЬ ВРАЧУ» НА ANDROID...	192
<i>Д.С. Смирнов</i> ОБЗОР МЕТОДИК АТМОСФЕРНОЙ КОРРЕКЦИИ СПУТНИКОВЫХ ПРИБОРОВ .....	196
<i>Е.М. Суберляк</i> РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ УЧЕТА ПОСЕЩАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ .....	199
<i>Т.В. Толстов, Н.А. Курриянов, Д.Ж. Утепов</i> КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ БАЗЫ ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ И РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ .....	201

<b>С.В. Коновалов, Р.С. Кульшин, Г.А. Волокитин</b> ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РАЦИОНАЛИЗАТОРСКИМИ ПРЕДЛОЖЕНИЯМИ .....	204
<b>Н.Е. Залогин</b> РАЗРАБОТКА 2D-ПЛАТФОРМЕРА НА ИГРОВОМ ДВИЖКЕ UNITY .	206
<b>Е.Е. Завьялова</b> ПРИМЕНЕНИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ ХРАНИЛИЩ В ПОСТРОЕНИИ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ .....	209
<b>А.А. Носарева</b> СРАВНЕНИЕ ПОДХОДОВ ВЕБ-РАЗРАБОТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ REACT.JS И VUE.JS .....	211

### **Подсекция 3.8**

#### **ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ПОДДЕРЖКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ**

*Председатель секции – Хабибулина Н.Ю., доцент каф. КСУП, к.т.н.;*  
*зам. председателя – Потапова Е.А., ст. преп. каф. КСУП*

<b>А.Д. Исакова</b> ПЕРЕВОД ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ АУДИТА В УДАЛЕННЫЙ ФОРМАТ В ПЕРИОД COVID-19 НА ПРИМЕРЕ АМЕРИКАНСКОЙ КОМПАНИИ DELOITTE .....	215
<b>Н.А. Набережнев, Е.В. Кабанова, А.Р. Дягай</b> РЕФАКТОРИНГ ПРОГРАММЫ АНАЛИЗА ФАЙЛОВ ЖУРНАЛИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПАТТЕРНА MVVM .....	218
<b>А.А. Березин, А.А. Щедрин, Е.В. Кабанова</b> ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПАТТЕРНА MVVM НА WPF ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ СВЯЗНОСТИ VIEW И VIEWMODEL .....	221
<b>А.Ю. Кайда</b> ФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ГРАФОВЫХ СТРУКТУР ДАННЫХ .....	224
<b>В.Ю. Юшин, Д.А. Кожин</b> ОБЗОР ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА VIPNET COORDINATOR KB ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЗАЩИЩЕННОЙ СЕТИ .....	227
<b>С.А. Леонов</b> РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОВЕРКИ ПРАВИЛЬНОСТИ ОФОРМЛЕНИЯ РАБОТ СТУДЕНТОВ .....	229
<b>В.С. Швоев, А.Р. Дягай, Н.А. Набережнев</b> РЕФАКТОРИНГ МОДУЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ФАЙЛОВ ЖУРНАЛИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПАТТЕРНА MVVM .....	233

<b><i>А.Е. Сахабутдинов, Ю.А. Поярков</i></b>	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ СЕТЕЙ ETHERNET ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА НА ОСНОВЕ КОНТРОЛЛЕРА SIEMENS S7-1200 .....	236
<b><i>А.М. Рубейкина</i></b>	
ВИРТУАЛЬНЫЕ СРЕДЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ РЭУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОЧКОВ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ .....	239
<b><i>Д.Е. Щетинина, Т. Мамвота, А.В. Конгарова, Ф.Р. Рахимов, Х.Р. Рахимов</i></b>	
МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ РЕСТОРАНОВ «INSTANTEATS» 201	
<b><i>Л.Н. Стахин, А.М. Потлог, А.С. Слесаренко</i></b>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОИНТЕРФЕЙСА MUSE В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ.....	245
<b><i>А.С. Слесаренко, А.М. Потлог, Л.Н. Стахин</i></b>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗРЕШЕНИЯ WEBP .....	247
<b><i>А.М. Потлог, А.С. Слесаренко, Л.Н. Стахин</i></b>	
ПРОГРАММИРОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ С ПОМОЩЬЮ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ.....	249
<b><i>О.В. Высоцкая, Н.Ю. Хабибулина</i></b>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДАПТИВНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ РАБОТНИКОВ .....	252
<b><i>А.Е. Сахабутдинов</i></b>	
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОТОКОЛА ETHERCAT В СФЕРЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ..	256
<b><i>М.Е. Коберник, А.А. Копытов, Д.В. Шуцкая, К.В. Семенюта</i></b>	
GSM-СИГНАЛИЗАЦИЯ ДЛЯ МОТОЦИКЛОВ .....	259

*Научное издание*

# **НАУЧНАЯ СЕССИЯ ТУСУР–2021**

## **Материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2021»**

19–21 мая 2021 г., г. Томск

В трех частях

### **Часть 2**

Корректор – **В.Г. Лихачева**  
Верстка **В.М. Бочкаревой**

---

Издательство «В-Спектр».  
Сдано на верстку 20.04.2021. Подписано к печати 18.05.2021.  
Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Печать трафаретная. Печ. л. 16,9  
Тираж 100 экз. Заказ 7.

---

Издано ТУСУР, г. Томск, пр. Ленина, 40, к. 205, т. 70-15-24  
(для нужд всех структурных подразделений университета и авторов)

Издательство «В-Спектр».  
634055, г. Томск, пр. Академический, 13-24, т. 8 905 089 92 40  
E-mail: [bvm@sibmail.com](mailto:bvm@sibmail.com)