

«ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ, ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ОБРАЗОВАНИИ»

**Сборник трудов
региональной научно-технической конференции
(Ижевск, 31 мая 2018 г.)**



Ижевск 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова»

**«ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В НАУКЕ, ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ОБРАЗОВАНИИ»**

Сборник трудов
региональной научно-технической конференции
(Ижевск, 31 мая 2018 г.)



Издательство ИжГТУ
имени М. Т. Калашникова
Ижевск 2018

УДК 621.396.6.001

И74

Редакционная коллегия

В. Б. Гитлин, доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки УР

В. А. Куликов, доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки УР

С. В. Моченов, кандидат технических наук, профессор

Ю. К. Шелковников, доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ

И. О. Архипов, кандидат технических наук, доцент

К. Ю. Петухов, кандидат технических наук, доцент

К. В. Мышкина (ответственный секретарь)

**Информационные технологии в науке, промышленности
и образовании** : сб. тр. регион. науч.-техн. конф. (Ижевск, 31 мая
И74 2018 г.) / отв. ред. К. Ю. Петухов [Электронный ресурс]. – Ижевск :
Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2018. – 336 с. : ил. –
15,8 Мб (PDF). – Систем. требования: Acrobat Reader 5.0 и выше.

ISBN 978-5-7526-0812-4

Сборник составлен из работ студентов, аспирантов, преподавателей и сотрудников вузов и институтов РАН Приволжского региона, отражающих результаты исследований в области применения информационных технологий в системах различного назначения.

Издание адресовано студентам, преподавателям и инженерам в области информационных технологий.

УДК 621.396.6.001

ISBN 978-5-7526-0812-4

© ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2018

© Оформление. Издательство ИжГТУ
имени М. Т. Калашникова, 2018

Содержание

<i>Вахрушева Е. А.</i> Бессменный ученый секретарь диссертационного совета	6
Раздел 1. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	
<i>Шенделов Н. А., Моченов С. В.</i> Сравнительный анализ методов сегментации текстурных изображений	11
<i>Пономарёв Д. С., Исаков В. Г., Горохов М. М.</i> Применение нейронных сетей на основе многослойного персептрона с сигмоидальной функцией активации к решению проблем дезодорации воды	19
<i>Матвеев К. А., Вологдин С. В., Брицын К. В., Шушков И. Д.</i> Разработка алгоритма фильтрации для информационной системы мобильного учета электроэнергии	25
<i>Ворожцова Н. А., Хворенков Д. А.</i> Практическое исследование использования базы знаний для хранения изображений и анимации	34
<i>Модин И. С., Сенилов М. А.</i> Инфологическое проектирование информационной системы «Криптовалюта»	42
<i>Зубарев Р. В., Стукалина Е. Ф.</i> Сравнительный анализ систем оценки и управления рисками информационной безопасности	50
<i>Бутыльский Д. В., Вахрушев А. И., Гафаров Р. М.</i> Разработка алгоритма автоматического выделения объектов на УЗИ-снимках сердца	56
<i>Деятов А. В., Тарасов В. Г.</i> Обучение программированию сегодня и в перспективе	61
<i>Юсупов Р. Р., Вологдин С. В.</i> Описание процесса формирования теста в интеллектуальной системе тестирования	67
<i>Баранова Д. А., Ермилов В. В.</i> Высокоэффективные методы ретрансляции видеосигнала с экранов систем управления технологическим оборудованием	76
<i>Ельцов И. С., Стукалина Е. Ф.</i> Олимпиада формата CTF как полигон получения навыков в решении нестандартных задач в области информационной безопасности	82
<i>Гайнутдинов Р. Р., Пивоваров О. А., Максимов Р. В.</i> Развитие виртуальных машин в ОС Android	86
<i>Вахрушев А. И., Бутыльский Д. В., Корнилов И. Г.</i> Предварительное кодирование монохромного изображения с потерями и последующее сжатие методом Run Length Encoding на микроконтроллере в среде моделирования ISIS Proteus	93
<i>Порсев Ю. А., Сабурова К. О., Вахрушева Е. А.</i> Анализ перехода на унифицированный интерфейс расширяемой прошивки UEFI	99
<i>Аверин Д. С., Марков Е. М.</i> Разработка структуры нейронной сети для увеличения разрешения изображения	107

<i>Стати К. В., Надиров Р. И., Корнилов И. Г. Организация обмена данными между серверной частью и клиентским приложением на android и ios</i>	114
<i>Шушков И. Д., Брицын К. В., Матвеев К. А. Системный подход к автоматизации процесса контроля и учета потребления электроэнергии в регионе</i>	121
<i>Ипатов А. С., Соловьева А. Н. Исследование алгоритмов кластеризации текстур на аэрокосмических снимках</i>	127
<i>Шкляев С. В., Стукалина Е. Ф. Применение сканеров безопасности для анализа защищенности автоматизированных информационных систем</i>	134
<i>Исаков А. А., Соловьева А. Н. Алгоритм построения оптимального туристического маршрута с учётом ограничений</i>	137
<i>Кучуганов Д. В. Разработка библиотеки обработки JSON форм для веб-приложений</i>	141
<i>Майоров К. Н., Ложкин А. Г. Концепция проектирования автономного робота на основе лингвистической модели</i>	145
<i>Торхов Д. И., Архипов И. О. Сопоставление изображений по гистограммам направлений контурных линий</i>	151
<i>Акилин П. Ю., Марков Е. М. Исследование алгоритма отслеживания множества объектов при условии временного перекрытия</i>	157
<i>Порсев Ю. А., Султанов Р. О. Система мониторинга компьютерной сети организации Састі</i>	164
<i>Втюрин М. В., Моченов С. В. К вопросу об автоматизации сокращения объема и выделения значимой для пользователя информации при обработке русскоязычных текстов</i>	170
<i>Кренев И. С., Вдовин А. Ю. Сравнение максимальной производительности наиболее популярных неавтономных гипервизоров</i>	175
<i>Ястребов А. И., Втюрин М. В., Моченов С. В. Разработка информационной системы сжатия текстов на естественном языке</i>	182
<i>Хаматов Р. Р., Вологдин С. В. Автоматизация процесса продаж в ИТ-компании</i>	188
<i>Порсев Ю. А., Султанов Р. О. Система мониторинга компьютерной сети организации Nagios</i>	193
<i>Соловьев Р. К. Система автоматизированного заполнения бухгалтерских документов в среде 1С: Предприятие</i>	203
<i>Шишкин М. А. Об автоматизированных способах контроля наличия работников на рабочем месте</i>	213
<i>Волков А. К. Система автоматизации деятельности материально-ответственного лица</i>	218

Раздел 2. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

<i>Шляхтин К. А., Гитлин В. Б.</i> Расчет параметров умножителя напряжения для питания ФЭУ	222
<i>Моисеев А. А., Сяктерева В. В., Сяктерев В. Н.</i> Способ применения полупроводниковых терморезисторов в системах измерения температуры поршня ДВС	229
<i>Ложкин А. А., Хазияхметов Р. Т.</i> Расчёты траектории движения робота, описываемой жордановыми кривыми	236
<i>Васильев И. Н., Перевозчиков Д. Е.</i> Информационно-измерительная система автоматизации считывания данных электросчетчиков	243
<i>Тратканов Р. А., Марков Е. М.</i> Разработка имитатора оружия для инфракрасного тира	249
<i>Манохин А. П., Никитин К. А.</i> Математическая модель и методика идентификации измерительного канала для исследования характеристик термопреобразователя сопротивления	257
<i>Перевозчиков И. М., Егоров С. Ф.</i> Структура оптической сетевой информационно-измерительной системы	271
<i>Шатеркин Н. С., Васильев В. А., Петухов К. Ю.</i> Автоматизация измерений прочностных характеристик деталей машин	277
<i>Шелковникова Т. Е., Егоров С. Ф., Кириллов А. И.</i> Анализ методов фильтрации СТМ-изображений	284
<i>Тратканов Р. А., Марков Е. М.</i> Разработка интерактивного тира с инфракрасным имитатором оружия	293
<i>Горбунов П. П., Рассомахин Е. А.</i> Процесс разработки проектов на ПЛИС с использованием САПР Quartus II	299
<i>Антонов А. В., Вдовин А. Ю.</i> Упрощенная имитационная модель сигнала оптического датчика при пересечении дробовым снопом светового экрана	305
<i>Нелюбин А. И.</i> Методы измерения тока в коммутаторе космического аппарата	310
<i>Калинин С. В.</i> Применение интерфейса RS-485 для управления автоматизированным стендом испытаний погружных электронасосов	315
<i>Кириллов А. И., Кожеевников М. П., Шелковникова Т. Е.</i> Особенности выделения и преобразования измерительной информации в электрометрическом комплексе для диагностики твердых тканей зубов	322
<i>Шелковников Е. Ю., Кириллов А. И., Матросов А. В.</i> Автоматизированная система сбора, обработки и хранения измерительной информации в электрометрическом комплексе для диагностики твердых тканей зубов	329

Е. А. Вахрушева, кандидат технических наук, доцент
Кафедра «Вычислительная техника»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Бессменный ученый секретарь диссертационного совета

Исполнилось 65 лет доценту кафедры «Вычислительная техника» Виктору Никоновичу Сяктереву, который уже 27 лет является бессменным ученым секретарем диссертационного совета.

Виктор Никонович Сяктерев родился 29 марта 1953 г. в д. Поршур-Тукля Увинского района Удмуртской АССР. После окончания школы простой деревенский парень решил получить специальность «Электронные вычислительные машины» и в 1970 г. поступил на приборостроительный факультет Ижевского механического института [Вахрушева Е. А. Юбилеры кафедры «Вычислительная техника». Информационные технологии в науке, промышленности и образовании : сб. тр. регион. науч.-техн. очно-заоч. конф. (г. Ижевск. 24 мая 2014г.). Ижевск : Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2014. С. 10–36.]. В 1975 г. закончил со средним баллом 4,82 в дипломе. Был оставлен на кафедре «Гидравлика и теплотехника», где проработал на разных должностях до 1986 г. С 1978 г. служил в армии. Сначала полгода учился в городе Энгельсе в Высшем зенитно-ракетном командном училище. Затем был направлен на охрану Чепецкого механического завода г. Глазова в полк из 4 дивизионов. Демобилизовался в 1980 г. в звании капитана. Вновь вернулся на ту же кафедру и продолжил сотрудничать с профессором Алексеем Афанасьевичем Коноваловым. Разрабатывал аппаратуру для определения баллистических параметров, многократно бывал на полигонах, испытывая свои приборы в деле.

Очень большое место в его научной деятельности занимает температурная тематика, на которую они с В. А. Куликовым друг друга буквально сманили. Так, для ОАО «Камаз» была разработана многоканальная система измерения температуры поршня работающего двигателя. Информацию пере-



давали с помощью оптической связи. Затем для оптимизации вычислений подключили персональный компьютер ДВК. В 1991 г. начали сотрудничать с Серпуховским ВНИИ «Мотопром». Сразу появилась масса заказов. При непосредственном участии Виктора Никоновича разработан ряд измерительных систем и приборов, которые успешно сданы заказчику.

Научные исследования Виктора Никоновича были связаны и с медициной. Когда жене потребовалась операция, он разговорился с хирургом Евгением Германовичем Одиянковым. Оказалось, что медикам необходимо контролировать температуру миокарда на живом сердце во время операции. И такой прибор удалось разработать вместе с В. А. Куликовым довольно быстро. Дальнейшие исследования показали, что измерение и управление температурой человека позволяет создавать новые методы диагностики и лечения болезней.

Кафедра «Вычислительная техника» всегда хотела вернуть себе такого перспективного специалиста. Это удалось сделать в 1986 г. Он был избран по конкурсу старшим преподавателем кафедры. В 1988 г. защитил кандидатскую диссертацию в Ленинградском политехническом институте имени М. И. Калинина по специальностям 05.04.02 «Двигатели внутреннего сгорания» и 05.11.16 «Информационно-измерительные системы». Для поддержки вместе с ним на защиту приехали преподаватели кафедры: В. С. Казаков, Ю. В. Веркиенко, Т. Ф. Юминова, С. А. Петрушин и др. В 1992 г. ему присвоено ученое звание доцента по кафедре «Вычислительная техника».

На 300-м производстве механического завода был создан филиал кафедры, так как заводу потребовались специалисты в области вычислительной техники. Преподаватели кафедры вели занятия в профессионально-техническом училище завода. Очень хорошо была организована производственная практика. В филиале работали до 70 сотрудников. Очень активно занимались наукой, продолжили и камазовскую тематику. Работа филиала помогла Виктору Никоновичу поставить электронные курсы на кафедре.

В плане учебно-методической работы Виктор Никонович разработал курсы: «Аналоговые и гибридные ЭВМ», «Схемотехника аналого-цифровых устройств», «Источники питания электронно-вычислительной техники», «Цифровая схемотехника», «Аппаратные средства вычислительной техники», «Электроника», а также «Аппаратные средства информационно-измерительных систем» для подготовки магистров по направлению «Информатика и вычислительная техника» программы «Информационно-измерительные системы».

Являясь одним из ведущих специалистов в области электронной и измерительной техники, неоднократно читал курсы лекций в системе повышения квалификации на различных предприятиях Ижевска и республики. Имеет 105 печатных научных и учебно-методических трудов, в том числе 30 в рецензируемых журналах, 12 авторских свидетельств и патентов на изобре-

ния, патент на полезную модель. Награжден бронзовой медалью ВДНХ СССР.

Постоянно занимается научной работой со студентами, имеет совместные с ними публикации, руководил аспирантурой. Тематика исследований магистрантов и аспирантов в настоящее время связана с разработкой технологии беспроводной передачи энергии на функциональные блоки телеметрических систем измерений, расположенных на подвижных деталях машин. Работы его магистрантов отмечены грамотами и дипломами на конференциях и выставках различного уровня.

Кроме того, Виктор Никонович много сил и времени отдает диссертационному совету, бессменным ученым секретарем которого он является. Дело было так. Однажды в трамвае он встретился с Владимиром Алексеевичем Пономаревым, который сказал, что создается кандидатский диссертационный совет при приборостроительном факультете, и предложил пойти секретарем. Виктор Никонович согласился. С этого всё и закрутилось.

Совет был создан в 1991 г. по специальностям 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (в науке и технике) и 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами». Его организовали Юрий Минеевич Мерзляков и Петр Григорьевич Кузнецов. Первым председателем стал В. А. Пономарев. В состав совета в разное время входили Валерий Борисович Гитлин, Гравий Алексеевич Буденков, Юрий Всеволодович Веркиенко, Владимир Викторович Хворенков, Юрий Павлович Демаков, Владимир Александрович Алексеев, Юрий Александрович Каюров, Игорь Зенонович Климов и др.

С 2000 г. по настоящее время совет возглавляет профессор Борис Анатольевич Якимович. В 2007 г. совет утвержден как диссертационный по защитах докторских и кандидатских диссертаций. В его состав вошел 21 доктор наук. За это время расширился и перечень специальностей, по которым совету разрешалось проводить защиту, а именно: 05.12.13 «Системы, сети и устройства телекоммуникаций и 05.13.19 «Методы и системы защиты информации, информационная безопасность».

В совете Виктор Никонович занимается предварительной экспертизой диссертаций, организует научные семинары по их обсуждению, привлекает к этой работе ведущих ученых университета и республики. Проводит большую работу по организации заседаний диссертационного совета, который является ведущим советом вуза. Иногда ему часами приходится править стенограммы защит, поскольку в последние годы повысились требования к документообороту между диссертационными советами и Высшей аттестационной комиссией.

За эти годы он помог получить ученую степень более 100 соискателям, в том числе 9 докторантам. Все они утверждены ВАК. А сколько

диссертантов прошло через совет – уже и не припомнить, скорее всего, не меньше 180! Кого-то отклонили по причине несоответствия специальности, кого-то заслушивали неоднократно, кое-кто решил искать счастья в других советах.

Виктор Никонович пользуется большим уважением в научных кругах как ученый, вносящий существенный вклад в подготовку кадров высшей квалификации для Удмуртской Республики и регионов Поволжья и Урала.



После защиты докторской диссертации Т. Г. Габричидзе, руководителя МЧС по Удмуртской Республике (на снимке слева от М. Т. Калашникова)

О нем прекрасно отзываются друзья и соратники.

В. А. Алексеев: «Можно сказать, что Виктор Никонович большую часть жизни посвятил тем, кто защищает диссертации. Он очень корректно и внимательно относится к диссертантам».

И. О. Архипов: «Виктор Никонович преподает уникальный набор дисциплин, на всем факультете больше нет таких преподавателей».

В. Б. Гитлин: «Виктор Никонович – душа компании, когда он приходит, всем становится приятно».

А. Ю. Вдовин: «У Виктора Никоновича есть очень важное качество преподавателя – это доброжелательность по отношению к студентам».

Е. М. Марков: «Когда я учился, мне очень нравились дисциплины Виктора Никоновича, а главное, как он их преподавал».

В. В. Шадрин: «Считаю Виктора Никоновича открытым, основательным и очень ответственным человеком, отличным другом и коллегой, отличным отцом и хозяином».

В. А. Куликов: «Мне очень повезло, что встретил такого человека: покладистый, вдумчивый, может вовремя предупредить».

В. Н. Сяктерев награжден Почетной грамотой Министерства образования Российской Федерации, нагрудным знаком «Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации», Почетной грамотой Министерства образования и науки Удмуртской Республики и нагрудным знаком «Заслуженный работник народного образования Удмуртской Республики».

По стопам отца пошли и дочери. Старшая, Надежда, закончила специальность «Приборы и методы контроля качества» и работает на ЭМЗ «Купол». Младшая, Виктория, также имеет кандидатскую степень и является заместителем начальника управления магистратуры, аспирантуры и докторантуры ИжГТУ.

Коллектив кафедры сердечно поздравляет Виктора Никоновича с юбилеем, желает здоровья и творческих успехов!

Раздел 1. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Н. А. Шенделов, магистрант
С. В. Моченов, кандидат технических наук, профессор
Кафедра «Вычислительная техника»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Сравнительный анализ методов сегментации текстурных изображений

Представлен анализ методов сегментации текстурных областей на изображениях. Приведена сравнительная характеристика основных методов. Указаны достоинства и недостатки существующих методов, а также проблемы, возникающие при сегментации текстур.

Ключевые слова: сегментация, текстура, система обработки изображения, классификация областей.

N. S. Shendelov, Master's Degree Student
S. V. Mochenov, PhD in Engineering, Professor
Department of Computer Engineering
Kalashnikov ISTU

Comparative analysis of texture image segmentation methods

The article presents an analysis of the methods of segmentation of texture areas on images. The article gives a comparative description of the main methods. The article shows the advantages and disadvantages of existing methods, and the problems that arise when segmenting textures.

Keywords: segmentation, texture, image processing system, area classification.

Постановка проблемы

Автоматизированная обработка графической информации позволяет эффективно решать научные и прикладные задачи в области картографии, исследования природной среды, океанологии, поиска и освоения полезных ископаемых, сельского и лесного хозяйства и многих других областях [1]. В настоящее время автоматизация обработки графической информации, в частности текстурных изображений земной поверхности, остаётся актуальной задачей. При этом главным способом извлечения информации является дешифрирование изображений, которые являются основным носителем информации о местности.

К основным задачам анализа текстурных областей относятся: выбор и формирование признаков, описывающих текстурные различия; выделение и сегментация текстурных областей; классификация текстурных областей; идентификация объекта по текстуре.

Целью статьи является системное описание и сравнительный анализ особенностей применения существующих методов сегментации текстурных областей на изображениях.

Процесс сегментации и её методы

Процесс кластеризации изображений, т. е. поиска в них однородных областей, называется *сегментацией*. Она считается первым этапом анализа изображений, это базовая процедура практически во всех задачах обработки изображений с помощью систем компьютерного зрения.

Для выделения текстурных областей решается задача сегментации текстуры, которая состоит в разбиении изображения на области с постоянной текстурой, т. е. выделение областей, в пределах которых значения тех или иных текстурных признаков относительно постоянны [2]. Одной из наиболее сложных и актуальных проблем компьютерной обработки изображений является решение задачи сегментации таких текстурных областей изображения, как природные объекты.

Как и другие задачи этой области, сегментация не может быть полностью формализована, она включает в себя элементы фильтрации помех и выделения изображений.

Методы текстурной сегментации разрабатываются на основе двух основных подходов: анализ областей и анализ границ. Методы на основе областей пытаются найти группы или кластеры пикселей с похожими текстурными свойствами [3]. Методы на основе границ пытаются обнаружить края текстур между пикселями, которым соответствуют различные текстурные распределения [4].

В зависимости от используемых признаков текстурных областей изображений методы сегментации на основе анализа областей можно разделить на статистические, структурные, фрактальные, спектральные и комбинированные методы (рис. 1).

Статистические методы анализа текстурных областей изображений. При статистическом подходе к анализу текстурных областей изображения трактуются как реализации некоторого случайного процесса [5]. Статистические методы анализа текстур основаны на вычислении порядковых статистических признаков текстурных областей изображения.

Статистический текстурный анализ основан на вычислении матриц смежности, которые учитывают как уровни яркости отсчетов, так и относительное расположение отсчетов с определенной яркостью на изображении.

Отсчеты двумерной матрицы смежности для изображения показывают оценку вероятности совместного появления на изображении на расстоянии друг от друга, задаваемом определенным вектором, смещения отсчетов с соответствующими значениями уровней яркости. Аналогично, отсчеты трехмерной матрицы показывают оценку вероятности совместного появления на изображении на заданном расстоянии друг от друга тройки отсчетов с соответствующими значениями уровней яркости.



Рис. 1. Методы анализа текстурных изображений

С использованием матриц смежности вычисляются текстурные признаки, такие как угловой момент, корреляция, контраст, инерция, энтропия, затенение и др. Матрица смежности обеспечивает инвариантность признаков к повороту, сдвигу и масштабированию. Признаки, вычисленные на основе двумерной матрицы, – 2D-признаки, их трёхмерные аналоги – 3D-признаки. Таким образом, для каждого изображения можно вычислить вектор признаков – статистическую сигнатуру текстуры [2, 6].

Недостатками методов сегментации по статистическим признакам являются:

- высокая детальность сегментации, что приводит к необходимости использования алгоритмов уменьшения детальности; задача снижения детальности сегментации состоит в снижении числа исходных сегментов путем их слияния. В результате на сегментированном изображении должно остаться небольшое число крупных сегментов, разделенных хорошо заметными границами;
- высокая вычислительная сложность;
- большое разнообразие статистических признаков текстур вызывает необходимость предварительного исследования наиболее информативных признаков в зависимости от типа текстуры.

Структурные методы анализа текстурных областей изображений. Структурные методы анализа текстурных областей изображений основаны на том, что текстура состоит из регулярно или почти регулярно повторяющейся совокупности хорошо разделяемых примитивов (микротекстуры), которые расположены согласно некоторому правилу размещения и иерархи-

чески объединяются в пространственные упорядоченные структуры (макротекстуры) [7]. В [4] под структурным описанием понимают текстуру как множество примитивных **текстелов**, расположенных в некотором регулярном или повторяющемся порядке. Для описания текстуры структурными методами необходимо определить примитивы и правила их объединения [7]. Структурные методы хорошо подходят для анализа регулярных текстур, состоящих из простых регулярных примитивов. Как только элементы текстуры идентифицированы, возможно применение двух основных подходов к анализу текстуры. При первом подходе вычисляют статистические признаки извлеченных элементов текстуры и используют их как элементарные текстурные признаки. При втором подходе необходимо выделить принцип расположения примитивов, который описывает текстуру. Последний подход может включать в себя геометрический или синтаксические методы анализа текстуры, например, анализ диаграмм полигонов Вороного [8]. Примеры регулярных текстур представлены на рис. 2. Структурный подход также применим для регулярных искусственных образов [4]. Достоинство данных методов состоит в том, что особое значение придается форме тоновых непроизводных элементов.

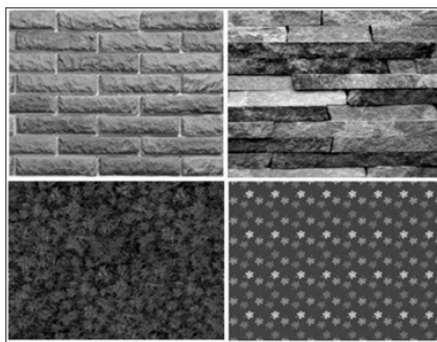


Рис. 2. Примеры регулярных текстур

Фрактальные методы анализа текстурных областей изображений. Описание широкого класса процессов и явлений, таких как процессы ограниченной диффузной агрегации, образование вязких пальцев в пористых средах, турбулентность, процессы диффузии, называемые протеканием, а также описание объектов природы, таких как облака, земная поверхность и многие другие, в терминах фрактальной геометрии определило новое направление в исследованиях – анализ фракталов. При таком подходе авторы называют объект не текстурой, а фракталом [5]. Многие авторы отмечают,

что большинство естественных поверхностей являются пространственно изотропными фракталами и что двумерные поля интенсивностей от таких поверхностей также являются фракталами.

Фрактальные методы анализа текстурных областей изображений основаны на том, что текстура представляет собой фрактал – структуру, состоящая из частей, которые в каком-то смысле подобны целому. Таким образом, при определении фрактала используется свойство самоподобия фрактала. Многие кривые и поверхности статистически самоподобны, т. е. каждая часть может считаться изображением целого в уменьшенном виде (рис. 3).

Основной особенностью фрактальных характеристик является то, что изображения искусственных и природных объектов имеют сильно различающиеся фрактальные размерности. Это позволяет успешно использовать фрактальные признаки для обнаружения искусственных изменений ландшафта по фотографиям из космоса, искусственных объектов на изображениях, полученных с телекамер, и других задачах. Для сегментации используются характеристики, по которым вычисляется размер фрактала.

Недостатком обработки фрактальных текстур является то, что, как правило, нельзя построить глобальную фрактальную модель всего изображения. Общая стратегия состоит в том, чтобы для найденных опорных точек оценить параметры локальных фрактальных моделей, произвести выращивание регионов с близкими параметрами, классифицировать их и провести сегментацию изображения. Причем в случае ландшафтных изображений часто не требуется устанавливать точные границы между сегментами.

Сравнительный анализ трех методов сегментации текстур, построенных на оценке размера фрактала, показал, что метод броуновской функции более эффективен, чем другие исследованные методы [3, 9]. Также существенным недостатком фрактальных методов обработки текстурных изображений является их высокая трудоемкость. Примеры фрактальных текстур приведены на рис. 3.

Спектральные методы анализа текстурных областей изображений. Спектральные методы анализа текстурных областей основаны на спектральных мерах текстур. Спектральные меры текстур основаны на спектре Фурье, который идеально подходит для описания направленности присутствующих в изображении периодических и квазипериодических двумерных структур.

Спектральная текстура характеризуется наличием частичной информации о производных элементах, в частности об их размерах, которая интерпретируется в терминах пространственной частоты [7, 10]. Поскольку размер зерна текстуры пропорционален пространственному периоду, область крупнозернистой текстуры должна давать спектр Фурье, энергия которого сосредоточена на низких пространственных частотах [10]. Наоборот, для областей

мелкозернистой текстуры энергия спектра концентрируется на высоких пространственных частотах. Хотя такое соответствие отчасти существует, часто возникают трудности, связанные с пространственным изменением периода и фазы повторений структуры.



Комбинированные или смешанные методы анализа текстурных областей изображений. Комбинированные методы основаны на использовании сочетания признаков различных групп. Например, существует метод выделения областей на изображениях с использованием фрактальных и текстурных характеристик снимков высокого разрешения [11]. Он направлен на выявление больных участков сельскохозяйственных полей и получение дополнительной информации о состоянии растительного покрова. Вычисление фрактальных сигнатур и текстурных характеристик изображений осуществляется для отдельных каналов с последующим их объединением с использованием коэффициентов, значения которых зависят от типа и состояния растительности.

Выводы

В настоящее время предложено множество методов сегментации текстурных областей изображений. Особенностью каждого метода является его направленность на решение определенного класса задач в рамках рассматриваемой прикладной области человеческой деятельности. В зависимости от используемых признаков текстурных областей методы сегментации делятся на статистические, структурные, фрактальные, спектральные и смешанные.

Основным недостатком рассмотренных методов является их ориентированность на наличие эталонной базы объектов сегментации, что затрудняет их использование в случае, если результаты воздушного фотографирования

значительно отличаются от изображений объектов в базе. В этом случае вероятность точной сегментации очень низка. Проведенный анализ позволил сделать выводы о существовании ряда общих недостатков методов сегментации и текстурных областей изображений:

- отсутствие набора информативных признаков, которые полно описывают яркостные и структурные свойства текстурных изображений;
- отсутствие инвариантности признаков относительно угла поворота, масштаба и освещенности при регистрации изображения;
- отсутствие четкой меры различия/близости двух текстурных изображений. В частности, текстурные области растительного покрова на аэрофотоснимках имеют близкие значения яркости и часто имеют схожую структуру, что приводит к значительному снижению эффективности их сегментации;
- значения параметров текстур, полученных в окрестностях границ между текстурными областями, являются усредненными, что затрудняет точную локализацию границ между областями. Быстрое выделение границ между текстурами возможно лишь при достаточно больших различиях текстуры соседствующих областей. При уменьшении различий между такими областями задача выделения контуров становится сложной и требует разработки новых методов сегментации текстурных областей.

При разработке метода сегментации текстурной области необходимо учитывать особенности анализируемых изображений, такие как масштаб изображения, вид текстуры, ее характеристические признаки, а также результат сегментации, который должен выдавать предложенный метод.

Список литературы

1. *Шовенгердт, Р. А.* Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений / Р. А. Шовенгердт. М. : Техносфера, 2010. 560 с.
2. *Форсайт, Д.* Компьютерное зрение. Современный подход / Д. Форсайт, Ж. Понс. М. : Вильямс, 2004. 928 с.
3. *Морозов, А. Д.* Введение в теорию фракталов / А. Д. Морозов. М. : Современная математика, 2002. 57 с.
4. *Шапиро, Л.* Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман. М. : БИНОМ, 2006. 752 с.
5. *Фисенко, В. Т.* Фрактальные методы сегментации текстурных изображений / В. Т. Фисенко, Т. Ю. Фисенко // Приборостроение, 2013. Т. 56, № 5. С. 63–70.
6. *Юдин, Д. А.* Применение метода экстремального обучения нейронной сети для классификации областей изображения / Д. А. Юдин, В. З. Мгергут // Научные ведомости БелГУ. Серия: История, Политология, Экономика, Информатика. 2013. № 8 (151). Вып. 26/1. С. 95–103.

7. Харалик, Р. М. Статистический и структурный подходы к описанию текстур / Р. М. Харалик // ТИИЭР. 1979. Т. 67, № 5. С. 98–120.

8. Рубан, И. В. Исследование информативности признаков текстурных изображений маскировочных сетей / И. В. Рубан, О. В. Шитова, А. Н. Пухляк и др. // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. Харків : ХУПС, 2012. Вип. 9(107). С. 75–79.

9. Mark S. Nixon. Feature Extraction and Image Processing / Mark S. Nixon, Alberto S. Aguado. Oxford : A division of Reed Educational and Professional Publishing Ltd, 2002. 330 p.

10. Гонсалес, Р. Обработка изображений в среде Matlab / Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс. М. : Техносфера, 2006. 616 с.

11. Мин, И. В. Сегментация изображений на основе выделения текстурных и цветовых признаков / И. В. Мин // Материалы XIX Междунар. науч.-практич. конф. «Современные техника и технологии». Томск : Томский политехнический университет, 2012. С. 290–292.

Д. С. Пономарёв, аспирант
В. Г. Исаков, доктор технических наук, профессор
Кафедра «Водоснабжение и водоподготовка»
М. М. Горохов, доктор физико-математических наук, профессор
Кафедра «Информационные системы»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Применение нейронных сетей на основе многослойного персептрона с сигмоидальной функцией активации к решению проблем дезодорации воды

Рассмотрена одна из важных проблем в области дезодорации питьевой воды – определение времени контакта сорбента с водой при ее обработке от одорирующих веществ и улучшения ароматических свойств. В качестве решения предлагается один из мощнейших нелинейных методов системного анализа: применение искусственной нейронной сети на основе многослойного персептрона с сигмоидальной функцией активации. Полученные результаты хорошо аппроксимируют фактические значения и могут использоваться в будущем для моделирования процесса дезодорации.

Ключевые слова: нейронная сеть, персептрон, сигмоидальная функция активации, дезодорация питьевой воды.

D.S. Ponomarev, Post-graduate
V.G. Isakov, Doctor of Engineering Sciences, Professor
Department of Water Supply and Water Treatment
M.M. Gorohov, Doctor of Physico-Mathematical Sciences, Professor
Department of Information Systems
Kalashnikov ISTU

Substantiation of the use of a neural network based on a multilayer perceptron with sigmoidal activation function to solve the problem of water deodorization

The paper considers one of the main problems in the field of drinking water deodorization - the determination of the contact time of the sorbent with water when it is treated with odorizing substances and improving the aromatic properties. As solutions, one of the most powerful non-linear methods of system analysis is proposed: the application of an artificial neural network based on a multilayer perceptron with a sigmoidal activation function. The results obtained approximate the actual values well and can be used in the future to model the deodorization process.

Keywords: neural network, perceptron, sigmoidal activation function, deodorization of drinking water.

На сегодняшний день одним из эффективных решений для выявления нелинейных зависимостей и последующим их моделированием является применение нейронных сетей; они получили широкое применение в распознавании оптических и звуковых сигналов, синтезе речи, моделировании показателей биржевых рынков. Кроме того, особый интерес представляет их применение в медицине [1]. Процессы дезодорации воды не являются исключением. Наиболее популярными являются нейронные сети на основе многослойного персептрона. Их преимущества: нелинейная функция активации, возможность применения нескольких скрытых слоев нейронов, высокая степень связности посредством синапсов, обратный отклик ошибки и возможность корректировать значение каждой связи в зависимости от него [2]. Совокупность данных свойств вместе с возможностью обучения делает нейронную сеть на основе многослойного персептрона одним из мощнейших инструментов моделирования.

В работе для распространения сигналов применялась формула [1, 2]

$$X = WI, \quad (1)$$

где W – матрица весов; I – матрица входных сигналов; X – результирующая матрица для нейронов скрытого слоя.

Корректировки весовых коэффициентов связей в зависимости от ошибки нейронной сети осуществлялись следующим образом [2]:

$$\frac{dE}{dw_{jk}} = -(t_k - o_k) \frac{1}{1 + e^{\sum_j w_{jk} o_j}} \left(1 - \frac{1}{1 + e^{\sum_j w_{jk} o_j}} \right) o_j, \quad (2)$$

где t_k – фактическое значение, которое соответствует выходу (*output*) нейронной сети (время контакта сорбента с водой); o_k – выходное значение нейронной сети; w_{jk} – весовые значения связей нейронной сети; o_j – выходной сигнал скрытого слоя; E – общая ошибка слоя.

В работе была применена сигмоидальная функция активации

$$f(s) = \frac{1}{1 + e^{-x}}. \quad (3)$$

Она обладает рядом преимуществ относительно других функций, применяемых в нейронных сетях: дифференцируема на всей области – данное свойство удобно использовать при обучении; имеет возможность усиливать слабые сигналы; предотвращает насыщение от больших сигналов [2–4].

На рис. 1 представлена схема работы нейронной сети с одним скрытым слоем с сигмоидальной функцией активации.

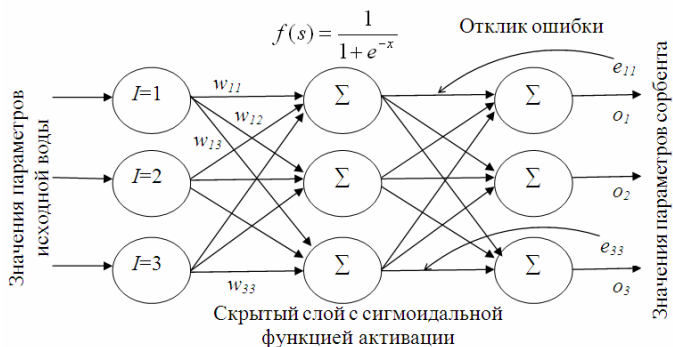


Рис. 1. Схема работы нейронной сети с одним скрытым слоем с сигмоидальной функцией активации

Выбор параметров

Для моделирования значений времени контакта сорбента с водой применялась выборка из 62 данных, которые были сформированы на основе лабораторных исследований питьевой воды МУП «Ижводоканал» [5]. Для реализации поставленной задачи использовался программный пакет *Excel Neural Package*. Для обучения использовался алгоритм обратного распространения ошибки *Backpropagation Algorithm*, который реализует формулы (1)–(3) в программном пакете [4].

В качестве входных параметров были выбраны следующие: 1 – запах в прудовой воде (баллы); 2 – температура воды, (градусы); 3 – температура окружающей среды (градусы); 4 – фенольный индекс; 5 – концентрация хлоридов (мг/дм^3); 6 – биологическое потребление кислорода (мг/дм^3); 7 – концентрация сине-зеленых водорослей (тыс. кл/мл); 8 – мутность воды (мг/л); 9 – цветность (градусы). В качестве выходного параметра было выбрано время контакта адсорбента с водой (минуты). Параметры чистой воды рассматривались как обязательное условие.

Определение значимости входных параметров

Перед построением нейронной сети с использованием данных параметров следует выполнить препроцессирование входных данных. Этот шаг позволит избавиться от лишних вычислительных проблем за счет выравнивания диапазонов переменных [2]. В нашем случае наилучшим вариантом будет перевод данных в безразмерную форму путем вычитания среднего и нормированием на дисперсию. Выходной параметр нормализуем аналогичным способом.

Также следует определить значимость входных параметров. Для этого используется алгоритм *Boxcounting*, суть которого заключается в оценке энтропии входящих сигналов относительно исходящих [4]. Результаты определения значимости входных параметров представлены на рис. 2.

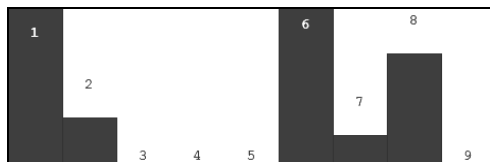


Рис. 2. Определение значимости входных параметров для времени контакта активированного угля с водой

Для повышения предсказательной силы модели следует избавиться от параметров, которые менее значимые (на рис. 2 это номера 3, 4, 5 и 9) [4]. Процедуру по определению значимости входов можно и нужно повторить несколько раз. Далее следует перейти к разработке структуры нейронной сети.

Структура нейронной сети на основе персептрона

Создадим двухслойную нейросеть (с одним скрытым слоем) и архитектурой «5-3-1» для параметра времени контакта. Архитектура нейронной сети разрабатывалась исходя из объема выборки, количества входящих и исходящих сигналов. Для модели времени контакта имеется 18 связей, а объем выборки равен 62. Таким образом, необходимое условие успешного обучения формально выполняется [2, 4].

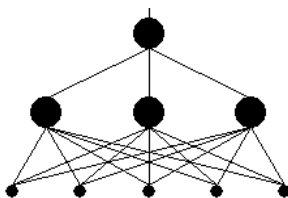


Рис. 3. Структура нейронной сети с учетом входных параметров для показателя времени контакта сорбента с водой.

Обучение нейронной сети

Процесс обучения нейронной сети проводился в программном пакете надстроек *Excel Neural Package* с реализацией формул (1)–(3). Для времени контакта изначальная погрешность составляла 1,08. После проведения обучения через 6157 эпох погрешность нейронной сети составила 0,21.

Уравнения нейрорегрессии и оценка достоверности результатов

Для более подробной оценки полученных результатов обученной ИНС проведем регрессионный анализ данных. Полученное уравнение регрессии является эффективным инструментом для анализа полученных результатов [2]. Уравнение регрессии для моделирования значений для времени контакта

$$Y = 0,49 + 0,414X_1 + 0,003X_2 + 0,415X_6 + 0,0009X_7 - 0,031X_8, \quad (4)$$

где Y – время контакта, мин; X_1 – запах прудовой воды, баллы; X_2 – температура воды, °C; X_6 – биологическое потребление кислорода, мг/дм³; X_7 – концентрация сине-зеленых водорослей тыс. кл/мл; X_8 – мутность, мг/л.

Результаты статистики для модельных данных представлены в табл.1.

Таблица 1. Статистика для модельных данных основных параметров дезодорации питьевой воды

Статистика	Параметр адсорбента
Число обучающих примеров	62
Число независимых переменных	5
Общая нейроошибка	67,945
Ошибка регрессии	53,954
Коэффициент множественной корреляции	0,891
Стандартная ошибка	0,499
Критерий Фишера	43,191

Для доказательства адекватности модели сравним критерий Фишера с табличным значением [4]. Для времени контакта $v_1 = k = 5$, $v_2 = n - k - 1 = 56$ составляет 2,54. $F_{\text{расч}} = 43,191 > F_{\text{табл}} = 2,54$. Исходя из этого, уравнение регрессии для адсорбционной активности можно считать адекватным. Результаты сравнения смоделированных и фактических значений представлены на рис. 4.

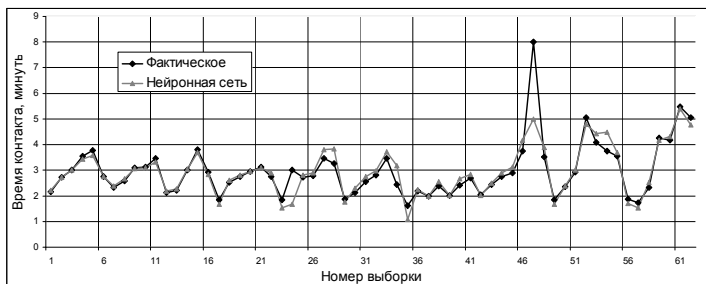


Рис. 4. Сравнение результатов моделирования при помощи нейронной сети и фактических значений

Таким образом, в статье доказана возможность применения искусственной нейронной сети на основе многослойного персептрона с сигмоидальной функцией активации для моделирования значений времени контакта сорбента с питьевой водой. При помощи коэффициента Фишера ($F_{\text{расч}} = 43,191 > F_{\text{табл}} = 2,54$) было доказано, что полученная модель для моделирования времени контакта сорбента с питьевой водой адекватно рассчитывает значения показателей. Актуальным представляется применение полученных результатов в качестве инструмента прогнозирования параметров сорбции, это поможет оптимизировать процесс дезодорации питьевой воды.

Список литературы

1. *Gorokhov, M. M.* Informatization of the quality of medical care in the management of the medical service of the federal penitentiary service of Russia / M. M. Gorokhov, S. B. Ponomarev, S. V. Vologdin, G. A. Blagodatsky, D. S. Ponomarev. *Advances in Computer Science Research (ACSR)*. 2017. Vol. 72. 484 p.
2. *Haykin, S.* Neural Networks. A Comprehensive Foundation. Prentice-Hall. 1999. 864 p.
3. *Rashid, T.* Make your own neural network. CreateSpace, 2016. 222 p.
4. *Круглов, В. В.* Искусственные нейронные сети. Теория и практика / В. В. Круглов, В. В. Борисов. М. : Горячая линия-Телеком, 2002. 382 с.
5. Технологические отчеты водопроводного узла № 2. 2002–2016 гг. / ВКХ СПБ «Пруд-Ижевск». Ижевск, 2016. 50 с.

К. А. Матвеев, студент
С. В. Вологдин, доктор технических наук, профессор
К. В. Брицын, магистрант
И. Д. Шушков, аспирант
Кафедра «Информационные системы»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Разработка алгоритма фильтрации для информационной системы мобильного учёта электроэнергии

Разрабатывается геоинформационная система «Мобильный энергоучёт», предназначенная для обработки, анализа и хранения информации о потреблении электроэнергии. Фильтрация данных необходима для исключения избыточных данных в информационной системе и отсева выбросов. Комплекс алгоритмов фильтрации навигационных данных позволяет повысить точность местоопределения объектов и их маршрутов.

Ключевые слова: мобильный энергоучёт, спутниковая навигация, фильтрация данных, обработка информации, алгоритм

К. А. Matveev, Student
S. V. Vologdin, Doctor of Engineering Sciences, Professor
K. V. Britsyn, Master's Degree Student
I. D. Shushkov, Post-graduate
Department of Information Systems
Kalashnikov ISTU

Development of a filtering algorithm for the information system for the mobile metering of electricity

The geographic information system "Mobile energy accounting" is designed to process, analyze and store information on electricity consumption. Filtering data is necessary to eliminate redundant data in the information system and to eliminate emissions. A complex of algorithms for filtering navigational data allows to increase the accuracy of location of objects and their routes.

Keywords: mobile energy accounting, satellite navigation, data filtering, information processing, algorithm.

Спутниковые навигационные системы – это технические системы, используемые для местоопределения различных подвижных объектов. Впервые такие системы появились в 60-х годах XX века, но для широкого массового применения стали доступны в 80-х годах. С тех пор они широко применяются в решении задач управления транспортом, природопользования, сельского хозяйства, пространственной навигации и т. д. На данный момент действует

2 глобальных системы, обеспечивающих полное покрытие Земли, – GPS и ГЛОНАСС. Также существует несколько региональных систем.

Каждая система состоит из нескольких спутников, вращающихся вокруг Земли с определенной частотой и передающих навигационные сигналы. Для их приема разработаны специальные приемники, которые определяют местоположение объекта с помощью геометрических построений. В зависимости от доступных спутников на момент приема сигнала приемник может определить двухмерные или трехмерные координаты объекта, а после рассчитать различные величины (скорость, траектория, пройденный путь, время захода и восхода солнца и т. д.). Чем больше сигналов от спутников принято, тем подробнее информация. Системы работают круглосуточно, и их функционирование не подвержено влиянию погодных условий.

На точность определения местоположения объекта влияет расположение видимых спутников, атмосферные, гравитационные факторы. Обычно точность местоопределения приемников составляет около 15 метров. Причинами, влияющими на точность позиционирования, являются:

- малое количество видимых спутников;
- ошибки часов спутника;
- отражение сигнала на антенну приемника;
- влияние условий местности на прием сигналов со спутников (проезд по туннелю, лесистой местности);
- изменение условий работы приемника (повреждение, обесточивание);
- влияние тропосферы и ионосферы на сигналы.

Поэтому повышение точности и достоверности местоопределения объектов и их маршрутов способствует развитию и расширению применения систем спутниковой навигации в деятельности предприятий.

Вышеуказанные причины, влияющие на точность позиционирования, приводят к тому, что приемники отправляют на серверы избыточные данные, представляющие собой различные ошибочные выбросы. Такие данные, во-первых, при обработке и анализе будут влиять на вид конечного маршрута объекта, ухудшая его восприятие и оценку; во-вторых, занимают место на серверах, увеличивая затраты на хранение и обработку информации.

Можно выделить 3 типа выбросов [2]:

- хаотический – можно заметить, если объект недолго стоит на месте или движется на небольших скоростях. Отображаются на карте в виде дрейфа местоположения;
- грубый – возникает при продолжительной стоянке транспорта. Резкие скачки из последней точки нахождения объекта характеризуют данные выбросы;
- систематический – характеризуется изменением условий местности, что оказывает влияние на прием сигналов со спутников. Выражаются в виде небольших отклонений по параметрам навигационных данных.

Примеры выбросов представлены на рис. 1 и 2.

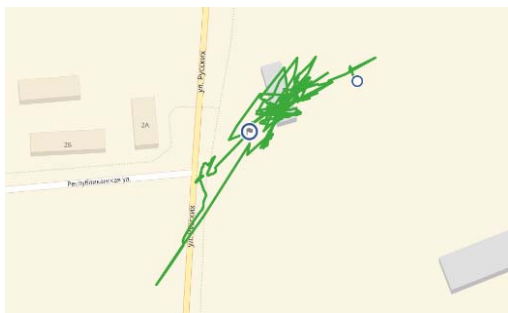


Рис. 1. Пример выбросов навигационных данных от неподвижного объекта

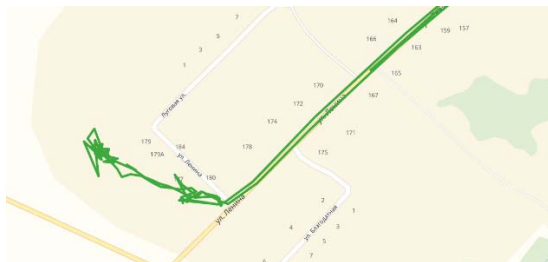


Рис. 2. Пример выбросов навигационных данных с трека подвижного объекта

Если бы некоторые получаемые данные не являлись выбросами, а на серверах хранились только избыточные и полезные данные, то одним из вариантов решения уменьшения времени обработки информации и затрат на ее хранение являлось бы увеличение объемов хранилищ и повышение скорости их работы за счет покупки новых и более мощных серверов. Однако даже в таком случае данный вариант влечет за собой финансовые расходы и может оказаться экономически нецелесообразным. Более эффективным и менее затратным вариантом, решающим проблему наличия в хранилищах избыточных данных и выбросов, является оптимизация хранящейся информации. Оптимизация обеспечит рациональное использование имеющихся объемов хранилищ без финансовых затрат.

Одним из методов оптимизации, позволяющим повысить точность принимаемой навигационной информации и уменьшить ее хранимый объем,

является фильтрация данных, получаемых от приемника навигационной информации. Фильтрация заключается в исключении избыточных данных и отсева выбросов по заданным алгоритмам.

Фильтрация навигационной информации бывает аппаратная, выполняемая непосредственно приемником, и программная, реализуемая в качестве программных средств и выполняемая либо на сервере, куда поступили данные, либо также на приемнике. Аппаратная фильтрация разрабатывается производителями приемников на основе цифровых математических фильтров и представляет собой первичную обработку сигналов перед их отправкой на сервер. Программная фильтрация уже выполняет окончательную обработку поступивших данных. Выполнение программной фильтрации непосредственно на устройстве целесообразно, так как уменьшается нагрузка на канал передачи между приемником и сервером, а также уменьшается сам объем отправляемых данных. Однако такой вариант требует разработки высокоэффективных алгоритмов фильтрации навигационной информации, выполняемой в реальном времени. Выполнение фильтрации на сервере позволяет улучшить качество конечного трека, так как система получает больше данных для анализа показателей маршрута пользователя приемника и имеет больший объем памяти для хранения данных по сравнению с объемом памяти приемника [3].

Целью данной работы является описание средств фильтрации, основанных на использовании различных алгоритмов в зависимости от значений точности и скорости пользователя, для обработки навигационных данных на сервере.

Постановка задачи

Филиал «Удмуртэнерго» является частью публичного акционерного общества «Межрегиональная распределительная сетевая компания Центра и Приволжья» – единой операционной компании с центром ответственности в Нижнем Новгороде, являющейся основным поставщиком услуг по передаче электроэнергии и технологическому присоединению к электросетям во Владимирской, Ивановской, Калужской, Кировской, Нижегородской, Рязанской, Тульской областях, а также в Республике Марий Эл и Удмуртской Республике [4].

На данный момент в филиале «Удмуртэнерго» не существует удобных автоматизированных программных средств для расчета отпуска электроэнергии. В связи с этим руководством компании было принято решение создать Центр мониторинга и управление процессом формирования полезного отпуска электроэнергии.

Для автоматизации съёма показаний с приборов учета электроэнергии, оформления актов бездоговорного и безучетного потребления, формирова-

ния полезного отпуска на основе выбора оптимального перечня потребителей, для повышения эффективности и надежности работы персонала, а также для контроля трудовой занятости контролеров группы учета электроэнергии разрабатывается информационно-аналитический комплекс «Мобильный энергоучет» интегрированный с ГИС [5]. Функции и структура работы информационной системы приведены на рис. 3.

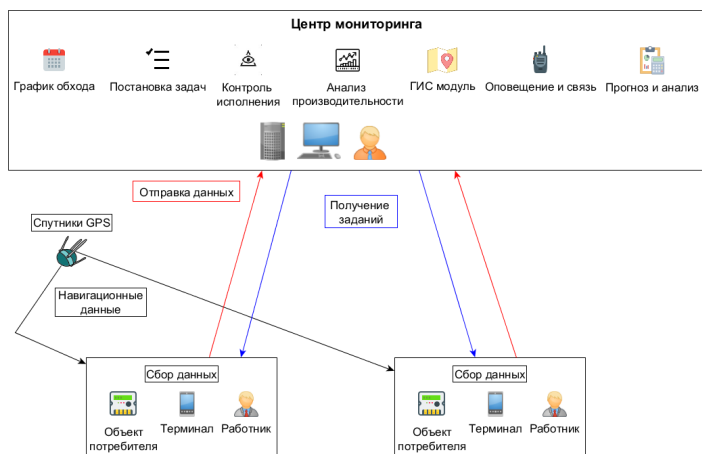


Рис. 3. Функции и структура работы информационной системы «Мобильный энергоучет»

Источниками навигационных данных для системы мониторинга являются:

- сообщения стандарта NMEA 0183 (National Marine Electronics Association – Национальная ассоциация морской электроники США);
- данные системных API-навигации.

Сообщения стандарта NMEA 0183 бывают нескольких типов; наиболее распространенными являются тип \$GP(GL)GGA, включающий в себя данные местоопределения (широта, долгота, время, количество видимых спутников), и тип \$GP(GL)RMC, включающий те же данные, что и первый тип, а также скорость, магнитное склонение и т. п. API-навигация предоставляют данные от таких источников, как точки доступа Wi-Fi, сотовые вышки.

Получаемые таким образом данные от приемников заносятся в систему мониторинга в виде записей таблицы базы данных Points, атрибуты которой представлены в табл. 1.

Таблица 1. Атрибуты таблицы Point

№ п/п	Наименование поля	Описание	Тип
1	Id	Номер точки	Счетчик
2	TimeZ	Время получения данных приемником, с учетом временной зоны	Целочисленный
3	Time_Plst04	Конвертированные из типа datetimeoffset в тип datetime данные TimeZ. Может принимать значение NULL	Вычисляемый, данные даты и времени
4	Lat	Координата по широте, град	Вещественный
5	Long	Координата по долготе, град	Вещественный
6	Altitude	Высотность, м. Может принимать значение NULL	Вещественный
7	Accuracy	Точность. Радиус круга, в который входят текущие координаты	Целочисленный
8	Speed	Скорость, м/с. Может принимать значение NULL	Вещественный
9	Bearing	Азимут. Может принимать значение NULL	Вещественный
10	TimeSendZ	Время отправки данных с приемника, с учетом временной зоны. Может принимать значение NULL	Данные даты и времени
11	TimeReceive	Время получения данных сервером	Данные даты и времени
12	LevelOfCharge	Уровень заряда устройства, %. Может принимать значение NULL	Целочисленный
13	BondType	Тип сети. Может принимать значение NULL	Строковый(30)
14	BondLevel	Уровень сети. Может принимать значение NULL	Целочисленный
15	idDevice_FK	Номер устройства	Целочисленный
16	Satellites	Количество видимых спутников. Может принимать значение NULL	Целочисленный
17–36	L1-L20	20 полей для уровней сигналов, дБ. Могут принимать значение NULL	Вещественный

Для данных, хранимых в этой таблице, необходимо разработать алгоритм фильтрации, позволяющий исключить избыточные данные и произвести отсев выбросов. Далее будет изложен предлагаемый для реализации алгоритм фильтрации, разработанный для применения к приведенной выше таблице.

Описание алгоритма

Предварительный отсев точек простой фильтрацией (сравнение со значениями по 1-2 полям таблицы) по условиям:

- количество видимых спутников не меньше четырех;
- высота от 50 до 350 м;
- точность от 0 до 100 м;
- скорость от 0,1 до 2 км/ч,

показал, что наибольшее количество выбросов и избыточных данных образуется во время стоянки объекта или же при его движении на малых скоростях (от 0 до 7 км/ч). При движении на скоростях больше 7 км/ч применение сложных алгоритмов фильтрации нецелесообразно, они лишь ухудшат визуальное восприятие конечного результата в виде трека маршрута. Следовательно, необходим алгоритм, учитывающий разные диапазоны скоростей и применяющий по отношению к ним разные условия фильтрации. Это обеспечит сохранение полезных данных.

Можно выделить 5 диапазонов скоростей: 0–3 км/ч; 3–7 км/ч; 7–15 км/ч; 15–30 км/ч; > 30 км/ч. Для 4-го и 5-го диапазонов, как уже было сказано выше, можно использовать более простые условия фильтрации.

Для более эффективной фильтрации в качестве критерия необходимо использовать среднее арифметическое взвешенное. Значениям уровней сигналов спутников для каждой точки будут определены веса, таким образом, среднее взвешенное позволит оценить достоверность координат точки. Ниже представлена формула среднего взвешенного:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i},$$

где w_i – вес числа; x_i – само число.

Алгоритм фильтрации можно разбить на три этапа.

1. Кластеризация точек по широте, долготе и времени. Задать округление значений координат точки до 4-го знака после запятой и по округленным значениям провести ранжирование и нумерацию. Таким образом будут определены кластеры близких значений, по которым потом будет проведен отсев. Кластеризация упростит обработку данных, так как условия фильтрации в следующих этапах будут применяться к группам значений. Визуально кластеризация представлена на рис. 4. Большие окружности – это кластеры точек (маленькие окружности).

2. Определение условий для выбора точки. На этом этапе рассчитывается по вышеуказанной формуле среднее арифметическое взвешенное значений уровней сигналов точки. После расчета по полученным значениям определяется среднее арифметическое по всем средним взвешенным точек таблицы. Потом задается условие, по которому

среднее взвешенное уровней сигналов точки должно быть больше или равно среднему арифметическому по всем средним взвешенным точек. Также задаются условия по скорости (указывается один из пяти вышеуказанных диапазонов), высоте и точности данных.

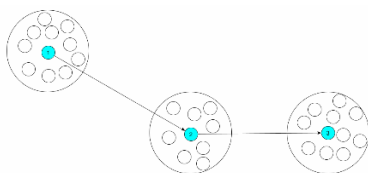


Рис. 4. Кластеризация значений координат точек

3. Проверка точки по условиям. Среди точек кластера определяется совпадающая по условиям второго этапа, также задается условие по количеству видимых спутников и по совпадению значений нумерации и ранжирования. Совпавшая точка заносится в список для отображения, остальные точки кластера отсеиваются.

На рис. 5 представлен алгоритм работы фильтрации.

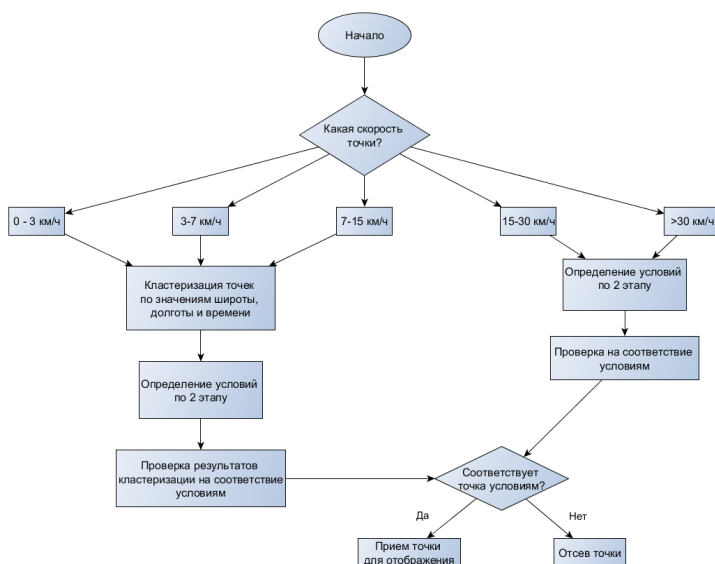


Рис. 5. Алгоритм фильтрации

Заключение

Разработан комплекс алгоритмов фильтрации навигационных данных, позволяющий повысить точность местоопределения объектов и их маршрутов, а также значительно уменьшить объем хранимых навигационных данных. Предложенные алгоритмы основаны на работе с показаниями точности и скорости точек, а также используют в качестве одного из критериев среднее арифметическое взвешенное значений уровней сигналов точки.

Предложенный комплекс может быть реализован в виде программных модулей как для мобильного терминала, так и для серверов систем мониторинга. Также он может быть реализован в виде функций, хранимых в базе данных системы мониторинга и вызываемых по запросу, так как алгоритмы просты в реализации и не предполагают сложных вычислений.

Список литературы

1. *Турлапов, В. Е.* Геоинформационные системы в экономике : учеб.-метод. пособие. – Нижний Новгород : НФ ГУ-ВШЭ, 2007. 118 с.
2. *Хруль, С. А.* Повышение точности позиционирования подвижных объектов на основе оригинальных методов фильтрации навигационных данных / С. А. Хруль, Д. М. Сонькин // Наукоеведение. 2013. № 4. С. 62.
3. *Головков, А. А.* Адаптивная фильтрация потока геолокационных данных в реальном времени / А. А., Головко, Г. С. Иванова // Наука и Образование (МГТУ им. Н. Э. Баумана). 2016. № 4. С. 156–169.
4. Удмуртэнерго. Общая информация, URL: http://www.mrsk-sp.ru/affiliates/udmurtenergo/general_information/ (дата обращения: 15.04.2018).
5. *Вологдин, С. В.* Принцип организации электронной информационной системы мобильного энергоучёта электроэнергии с применением терминалов сбора данных / С. В. Вологдин, Е. К. Бусыгин, И. Д. Шушков // Динамика систем, механизмов и машин. 2017. № 4. С. 18–21.

Н. А. Ворожцова, аспирант
Д. А. Хворенков, студент
Кафедра «Автоматизированные системы обработки информации
и управления»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Практическое исследование использования базы знаний для хранения изображений и анимаций

Визуализация текстовой информации посредством анимаций является перспективным направлением для исследования, так как человеку проще воспринимать информацию, видя перед собой изображения прочитанного, а анимация является понятным и доступным методом получения информации. Под анимацией текста понимается автоматический перевод информации, изложенной в тексте, в движущееся изображение данной информации. Рассматривается применение базы знаний, содержащей изображения и анимации, для визуализации текстовой информации.

Ключевые слова: онтология, база знаний, анимация, визуализация текста.

N. A. Vorozhtcova, post-graduate
D. A. Khvorenkov, student
Department of Automated Data Processing and Control Systems
Kalashnikov ISTU

Practical research of the knowledge base usage for storing images and animations

Visualization of textual information through animations is a promising direction for research, since it is easier for a person to perceive information by seeing images of a read text, and animation is an understandable and accessible method of obtaining information. The text animation is an automatic translation of the information stated in the text into a moving image of this information. The article deals with the application of a knowledge base containing images and animations to visualize textual information.

Keywords: ontology, knowledge base, animation, text visualization.

Ввиду быстрого роста объемов текстовой информации и сложной структурированности текстов, анализ текстов представляет собой актуальную проблему, особенно в последние годы, когда наметилась тенденция к информатизации общества. В статье предлагается использование базы знаний для визуализации текстов с целью повышения эффективности анализа текстов. Под базами знаний понимается совокупность фактов и правил вывода, допускающих логический вывод и осмысленную обработку информации [1].

Визуализация текстов поможет моделировать рассуждения на основе изображений, выявлять сходства и различия в ситуациях и сценариях, извлекать знания о действиях и участниках. Способы визуализации понятий и прецедентов могут включать диаграммы, графические схемы, рисунки, анимации, 3D-модели и др.

Основными задачами исследования, результаты которого приведены в статье, являются:

- разработка тестовой онтологии изображений в программном средстве Protégé [2];
- разработка программы для автоматической записи и чтения изображений в онтологию;
- разработка прототипа естественно-языкового интерфейса к онтологии изображений.

Идеи создания онтологий, которые позволили бы организовать знания о реальном мире в виде иерархии сущностей и отношений между ними и представить их в форме, приемлемой для компьютерной обработки, с момента своей актуализации в 80-х годах прошлого столетия привели к появлению новых разделов искусственного интеллекта, называемых онтологической инженерией и инженерией знаний, и послужили мощным толчком в развитии смежных разделов [3].

Онтологии состоят из трех частей [4]:

- 1) TBox (от англ. terminology) – хранит информацию о классах (концептах);
- 2) RBox (от англ. relation) – хранит информацию о связях;
- 3) ABox (от англ. assertion) – хранит информацию об экземплярах и их принадлежности к тому или иному классу.

Ниже представлены части онтологии, разработанной в программном средстве Protégé.

На рис. 1 показана структура подклассов класса *Domain Entity*. Классы предметной области представлены как термины, а экземпляры – как слова естественного языка.

На рис. 2 представлены созданные связи, соответствующие некоторым синтаксическим и семантическим бинарным связям.

На рис. 3 показаны экземпляры, присутствующие на некоторых изображениях, и экземпляры этих изображений.

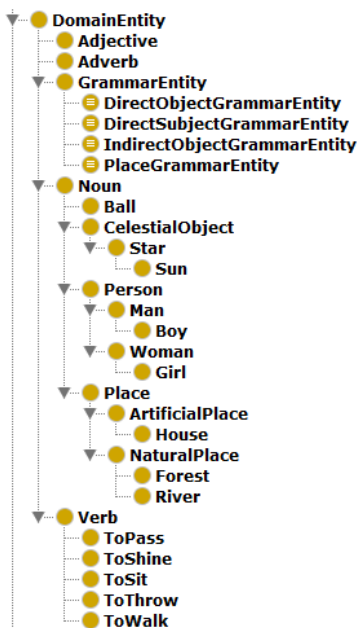


Рис. 1. Классы и подклассы разработанной онтологии

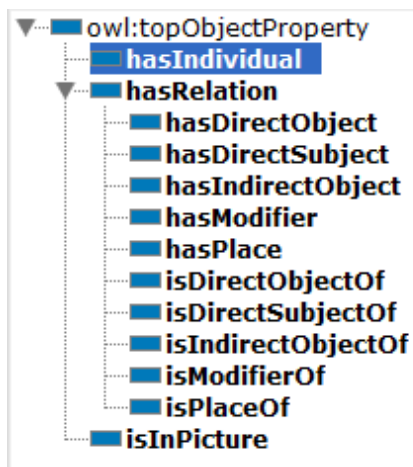


Рис. 2. Связи разработанной онтологии

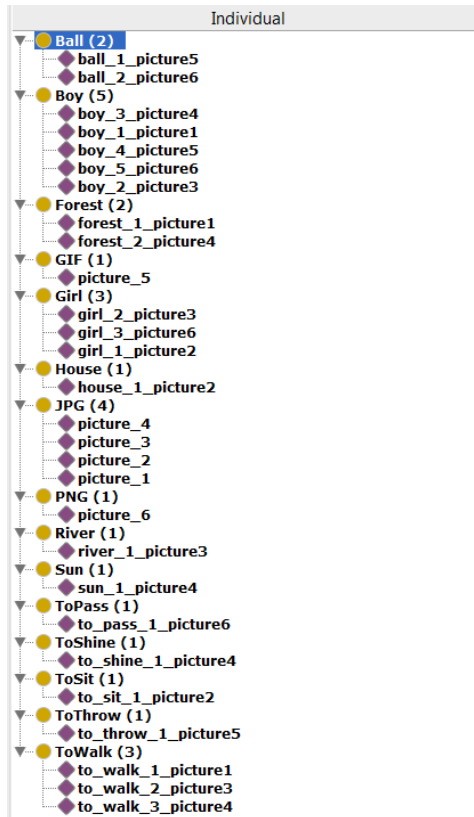


Рис. 3. Экземпляры изображений, добавленные в тестовую онтологию

Для построения графического интерфейса был определен требуемый функционал. Интерфейс программы должен выполнять такие функции, как:

- выбор файла онтологии;
- отображение дерева классов;
- отображение списка связей;
- добавление узлов к семантической сети;
- добавление связей между узлами семантической сети;
- удаление узлов семантической сети;
- поиск изображений и отображение результатов;
- сохранение изображений в онтологию.

Внешний вид разработанной программы представлен на рис. 4.

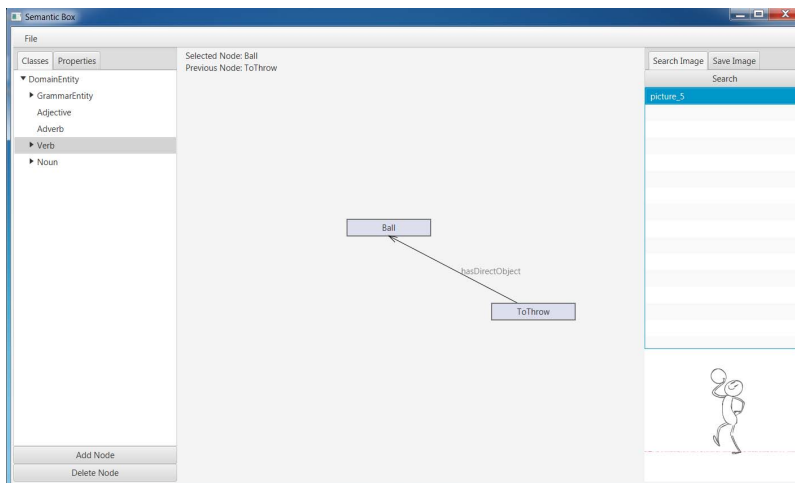


Рис. 4. Интерфейс разработанной программы

Для тестирования программы в онтологию были добавлены изображения и осуществлен поиск по семантическим сетям.

На рис. 5 представлен скриншот программы с загруженной тестовой онтологией. Осуществлен поиск по пустой семантической сети, то есть выводятся все изображения.

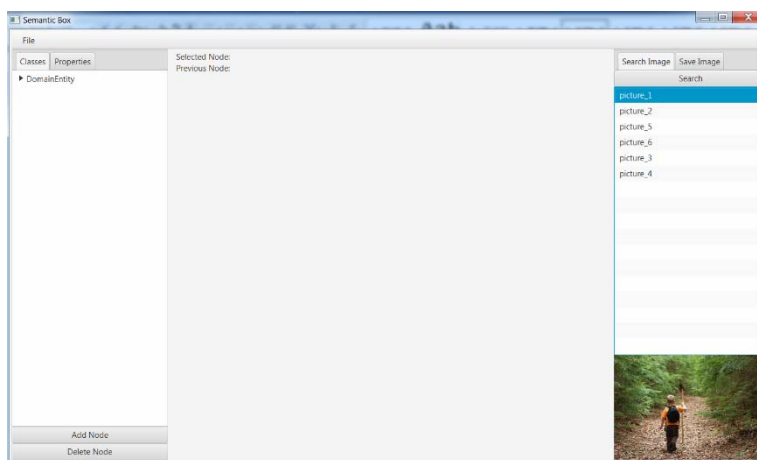


Рис. 5. Результат поиска по пустой семантической сети

На рис. 6 показан скриншот программы с составленной семантической сетью добавляемого изображения и результат повторного поиска по пустой семантической сети после добавления изображения (рис. 7).

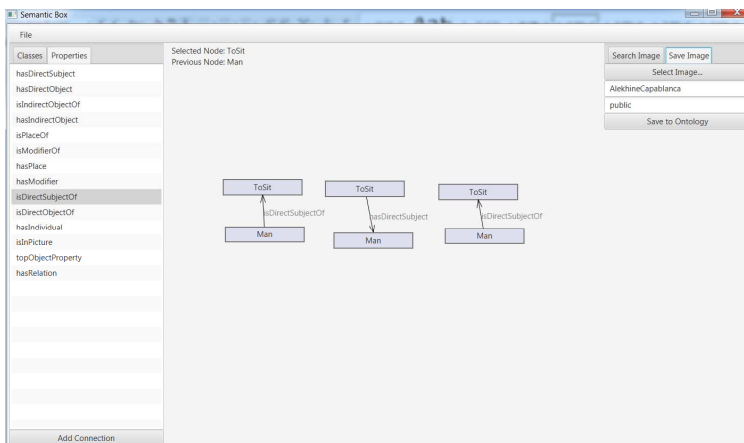


Рис. 6. Добавление изображения в онтологию

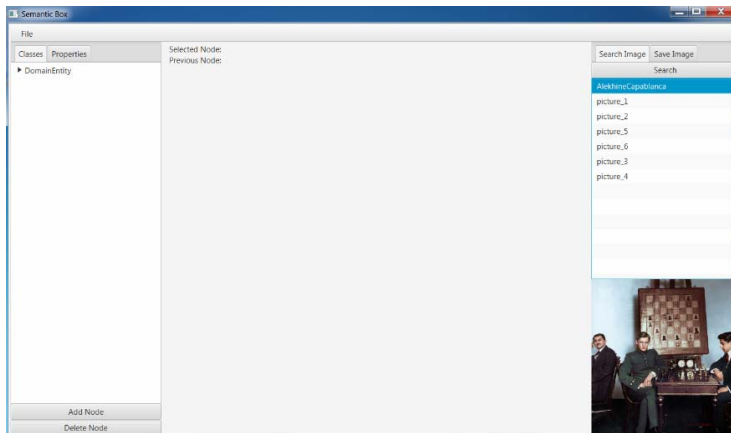


Рис. 7. Результат поиска после добавления нового изображения

На рис. 8 представлен результат поиска изображений с экземплярами класса *Boy*. В списке найденных изображений выведены все изображения, на которых присутствуют экземпляры класса *Boy* или его подклассов.

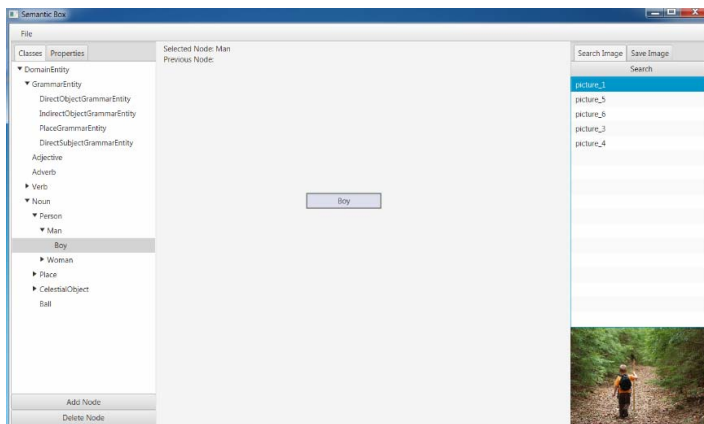


Рис. 8. Результат поиска изображений с экземплярами класса Boy

На рис. 9 показан результат поиска изображений с экземплярами класса Boy, которые являются субъектами действия ToWalk. Из результатов поиска исключены изображения, на которых экземпляры класса Boy не выполняют указанное действие.

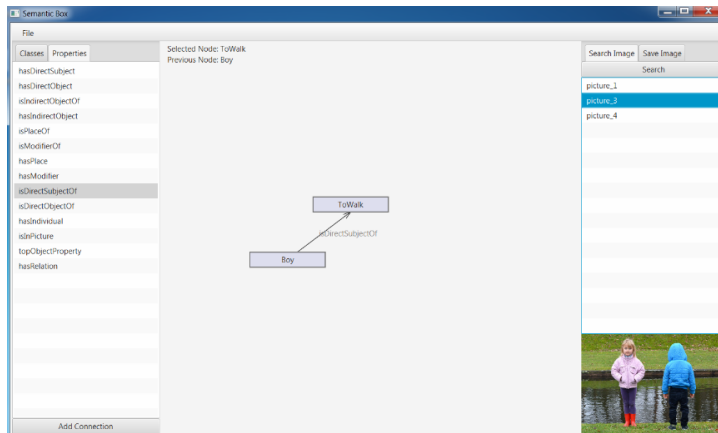


Рис. 9. Результат поиска изображений по построенной семантической сети

В ходе исследования была создана OWL онтология для хранения изображений со знаниями о них. На основе онтологии был разработан прототип программы, обеспечивающий визуальное создание и редактиро-

вание семантических моделей на основе концептов и ролей, заданных в онтологии. Программа позволяет сохранять в тестовую базу знаний изображения и информацию о них, задаваемую при помощи построенной семантической сети.

В дальнейшем идеи, рассмотренные в работе, будут использованы для создания более совершенного естественно-языкового интерфейса, который позволит строить изначальную семантическую сеть по вводимому пользователем тексту. Он может быть применен как в обучающей сфере, так и на производствах, в сфере рекламы, для воспроизведения обстоятельств ДТП и решения других задач. Одним из ключевых результатов дальнейшего исследования станет собранная база знаний и изображений, имеющая универсальный характер и позволяющая использовать ее для решения различных практических задач.

Список литературы

1. Управление знаниями [Электронный ресурс]. URL: <https://sites.google.com/site/upravlenieznaniami/> inzenieria-znaniy/bazy-znaniy (дата обращения: 15.02.2018).
2. Protégé [Сайт]. URL : <http://protege.stanford.edu/> (дата обращения: 10.03.2018).
3. Кучуганов, В. Н. Вербализация реальности и виртуальности. Ассоциативная семантика / В. Н. Кучуганов // Искусственный интеллект и принятие решений. 2011. № 1. С. 55–66.
4. Классификация онтологий [Электронный ресурс]. URL: <http://www.intuit.ru/studies/courses/1078/270/lecture/6847?page=1> (дата обращения: 10.03.18).

И. С. Модин, студент
М. А. Сенилов, доктор технических наук, профессор
Кафедра «Программное обеспечение»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Инфологическое проектирование информационной системы «Криптовалюта»

Рассматривается этап инфологического проектирования информационной системы «Криптовалюта». Инфологическая модель представлена как ER-модель (модель «сущность – связь»).

Ключевые слова: информационная система, криптовалюта, ER-модель.

I. S. Modin, Student
M. A. Senilov, Doctor of Engineering Sciences, Professor
Department of Software
Kalashnikov ISTU

Infological design of the information system "Cryptocurrency"

The stage of the infological design of the information system "Cryptocurrency" is considered. The infological model is presented as an ER-model (the "entity-relationship" model).

Keywords: information system, cryptocurrency, ER-model.

Криптовалюта является изобретением на стыке математики, криптографии и финансов, поэтому в век информационных технологий, особенно в последние два года, эта область как никогда актуальна [1]. В связи с этим актуальной является и задача разработки информационной системы «Криптовалюта», назначение которой – создание, поддержка и ведение информационной базы, хранящей информацию о криптовалютах, токенах, биржах, кошельках и майнинговых пулах, а также обработка запросов пользователей, работающих в этой области. Данная работа посвящена наиболее важному этапу проектирования информационной системы «Криптовалюта» – инфологическому проектированию, в результате которого создается инфологическая модель предметной области в виде ER-модели (модель «сущность – связь») [2].

Предметная область включает в себя такие сущности, как криптовалюты, токены, кошельки, биржи и майнинговые пулы.

Криптовалюта – разновидность цифровой валюты, создание и контроль за которой базируются на криптографических методах. Как правило, учёт криптовалют децентрализован. Функционирование данных систем основано на таких технологиях, как блокчейн (цепочка блоков), направленный ациклический граф и консенсусный реестр. Информация о транзакциях обычно не шифруется и доступна в открытом виде. Для обеспечения неизменности базы цепочки блоков транзакций используются элементы криптографии (цифровая подпись на основе системы с открытым ключом, последовательное хеширование). Основной криптовалютой на данный момент является биткоин.

Токен – единица стоимости, выпущенная частной организацией в системе блокчейн определенной криптовалюты. Токен физически существует как запись в регистре, распределенная в блокчейн-цепочке; является альтернативой биткоину в задачах, для которых эта криптовалюта не предназначена.

Криптовалютный *кошелек* – система для хранения криптовалюты или токенов. Существуют два типа кошельков: холодного (оффлайн) и горячего (онлайн) хранения. Разница заключается в том, что первые хранят цифровые монеты в оффлайне, без доступа к интернету, например, на специальном устройстве или на обычном *USB*-накопителе. Горячие кошельки в основном используются для хранения небольших объемов или повседневного использования.

Биржа криптовалют и токенов – это место, где люди обменивают одни криптовалюты и токены на другие, либо на основные мировые валюты (доллары, евро, рубли, юани). Это второе место, где их можно получить после майнинга (добычи криптовалют).

Майнинговые пулы – это один из подходов к майнингу, при котором несколько генерирующих клиентов вносят общий вклад в генерацию блока с записями о транзакциях в сети определенной криптовалюты, а затем делят награду за сгенерированный блок в соответствии с вложенной мощностью майнинга. Пулы способствуют более равномерному распределению вознаграждения между их участниками за генерацию блока.

Криптовалюты добываются майнинговыми пулами. На основе блокчейна определенной криптовалюты выпускаются токены. Криптовалюты и токены хранятся в кошельках, а также торгуются на биржах. Некоторыми биржами владеют майнинговые пулы.

Анализ предметной области позволяет выделить объекты и их атрибуты [3]. Описания выделенных объектов приведены в табл. 1–5.

Таблица 1. Описание объекта КРИПТОВАЛЮТА

Имя атрибута	Шаблон значений	Роль атрибута
Название	X(30)	Название криптовалюты
Биржевой символ	X(6)	Сокращенное обозначение криптовалюты на бирже
Дата запуска	9(2).9(2).9(4)	Дата начала функционирования криптовалюты
Алгоритм консенсуса	A(3)	Алгоритм получения согласованного результата группой участников

Таблица 2. Описание объекта ТОКЕН

Имя атрибута	Шаблон значений	Роль атрибута
Название	X(30)	Название токена
Платформа	X(30)	Криптовалюта, на основе которой выпущен токен
Биржевой символ	X(6)	Сокращенное обозначение токена на бирже
Дата выпуска	9(2).9(2).9(4)	Дата выпуска токена
Максимальная поставка	9(11)	Количество выпущенных токенов

Таблица 3. Описание объекта КОШЕЛЕК

Имя атрибута	Шаблон значений	Роль атрибута
Название	X(30)	Название кошелька
Поддерживаемые ОС	X(40)	ОС, на которых доступен кошелек
Уровень защищенности	A(10)	Степень защищенности кошелька
Кол-во поддерживаемых активов	9(4)	Число криптовалют и токенов, доступных в кошельке
Открытость исходного кода	A(10)	Открыт или закрыт исходный код кошелька

Таблица 4. Описание объекта БИРЖА

Имя атрибута	Шаблон значений	Роль атрибута
Тип	A(30)	Тип биржи (централизованная, децентрализованная)
Страна регистрации	A(30)	Страна регистрации биржи
Кол-во поддерживаемых торговых пар	9(4)	Кол-во криптовалют и токенов, доступных для торговли на бирже
Торговая комиссия	9(2),9(2)	Комиссия, взимаемая с каждой сделки
Майнинговый пул-владелец	A(30)	Майнинговый пул, владеющий биржей

Таблица 5. Описание объекта МАЙНИНГОВЫЙ ПУЛ

Имя атрибута	Шаблон значений	Роль атрибута
Название	$X(30)$	Название майнингового пула
Кол-во поддерживаемых криптовалют	9(3)	Кол-во криптовалют, которые майнит пул
Средняя комиссия	9(2),9(2)	Комиссия, взимаемая с начислений криптовалют
Страна регистрации	$A(3)$	Страна регистрации майнингового пула

Функциональные требования к информационной системе заключаются в необходимости реализации процессов в предметной области, которые определяются запросами к информационной базе.

1. Выдать КРИПТОВАЛЮТЫ, которые добываются данным МАЙНИНГОВЫМ ПУЛОМ.

2. Выдать ТОКЕНЫ, которые доступны для торговли на данной БИРЖЕ.

3. Выдать БИРЖИ, на которых можно торговать ТОКЕНАМИ, выпущенными на блокчейне данной КРИПТОВАЛЮТЫ.

4. Выдать ТОКЕНЫ, выпущенные на блокчейне данной КРИПТОВАЛЮТЫ и поддерживаемые данным КОШЕЛЬКОМ.

5. Внести в информационную базу МАЙНИНГОВЫЕ ПУЛЫ, добывающие данную КРИПТОВАЛЮТУ и владеющие данной БИРЖЕЙ.

6. Выдать БИРЖИ, которые поддерживают торговлю данной КРИПТОВАЛЮТОЙ и которыми владеет данный МАЙНИНГОВЫЙ ПУЛ.

7. Внести в информационную базу КОШЕЛЬКИ, которые поддерживают данный ТОКЕН, который выпущен на блокчейне данной КРИПТОВАЛЮТЫ.

8. Выдать КРИПТОВАЛЮТЫ, на блокчейне которых выпущены ТОКЕНЫ, поддерживаемые данным КОШЕЛЬКОМ.

9. Выдать ТОКЕНЫ, выпущенные на блокчейнах КРИПТОВАЛЮТ, которые добываются данным МАЙНИНГОВЫМ ПУЛОМ.

10. Выдать БИРЖИ, торгующие ТОКЕНАМИ, выпущенными на блокчейне КРИПТОВАЛЮТ, добываемых данным МАЙНИНГОВЫМ ПУЛОМ.

Формализация запросов (процессов) осуществляется путем их описания функциональными связями (ФС) [3].

Многомерная ФС между исходными объектами $X_1, X_2, \dots, X_n$ и конечным объектом Y обозначается следующим образом:

$$F_Y^{X_1, X_2, \dots, X_n}.$$

Полученные функциональные связи приводятся к каноническому виду с помощью преобразований вида 1 и 2, описанных в [3], и затем отображаются в структурные связи.

В дальнейшем через $T(A, B)$ будем обозначать тип соответствия между объектами A и B . Он может принимать значения 1:1 («один к одному»), 1: M («один ко многим»), M :1 («многие к одному»), $M:M$ («многие ко многим») [3].

Ниже представлены описания запросов функциональными связями и показано приведение их к каноническому виду.

1. Запрос представлен следующей одномерной ФС:



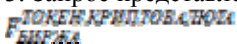
$T(\text{МАЙНИНГОВЫЙ ПУЛ, КРИПТОВАЛЮТА}) = M:M$ (определенный майнинговый пул может добывать разные криптовалюты, и определенная криптовалюта может добываться разными майнинговыми пулами).

2. Запрос представлен следующей одномерной ФС:

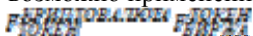


$T(\text{БИРЖА, ТОКЕН}) = M:M$ (определенная биржа может поддерживать торговлю многими токенами и определенный токен может торговаться на разных биржах).

3. Запрос представлен следующей многомерной ФС:

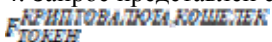


$T(\text{КРИПТОВАЛЮТА, ТОКЕН}) = 1:M$ (на основе определенной криптовалюты может быть выпущено множество токенов, но определенный токен может быть выпущен только на основе одной криптовалюты), следовательно, возможно применение преобразования 1 [3]:



$T(\text{ТОКЕН, БИРЖА}) = M:M$ (определенный токен может торговаться на нескольких биржах, определенная биржа может поддерживать торговлю несколькими токенами).

4. Запрос представлен следующей многомерной ФС:



$T(\text{КРИПТОВАЛЮТА, ТОКЕН}) = 1:M$ (на основе определенной криптовалюты может быть выпущено множество токенов, но определенный токен может быть выпущен только на основе одной криптовалюты), следовательно, возможно применение преобразования 2 [3]:



$T(\text{КОШЕЛЕК, ТОКЕН}) = M:M$ (определенный кошелек может поддерживать несколько токенов, определенный токен может быть доступен в нескольких кошельках).

5. Запрос представлен следующей многомерной ФС:

~~КРИПТОВАЛЮТА~~ ~~БИРЖА~~
~~МАЙНИНГОВЫЙ ПУЛ~~

$T(\text{МАЙНИНГОВЫЙ ПУЛ, БИРЖА}) = 1:M$ (определенный майнинговый пул может владеть несколькими биржами, определенная биржа может принадлежать только одному майнинговому пулу), следовательно, возможно применение преобразования 2 [3]:

~~КРИПТОВАЛЮТА~~ ~~МАЙНИНГОВЫЙ ПУЛ~~
~~МАЙНИНГОВЫЙ ПУЛ~~ ~~БИРЖА~~

$T(\text{КРИПТОВАЛЮТА, МАЙНИНГОВЫЙ ПУЛ}) = M:M$ (определенная криптовалюта может добываться разными майнинговыми пулами, определенный майнинговый пул может добывать разные криптовалюты).

6. Запрос представлен следующей многомерной ФС:

~~КРИПТОВАЛЮТА~~ ~~МАЙНИНГОВЫЙ ПУЛ~~
~~БИРЖА~~

$T(\text{БИРЖА, МАЙНИНГОВЫЙ ПУЛ}) = M:1$ (определенная биржа может принадлежать только одному майнинговому пулу, определенный майнинговый пул может владеть несколькими биржами), следовательно, возможно применение преобразования 2 [3]:

~~КРИПТОВАЛЮТА~~ ~~БИРЖА~~
~~БИРЖА~~ ~~МАЙНИНГОВЫЙ ПУЛ~~

$T(\text{КРИПТОВАЛЮТА, БИРЖА}) = M:M$ (определенная криптовалюта может быть доступна для торговли на нескольких биржах, определенная биржа может поддерживать торговлю несколькими криптовалютами).

7. Запрос представлен следующей многомерной ФС:

~~КРИПТОВАЛЮТА~~ ~~ТОКЕН~~
~~КОШЕЛЕК~~

$T(\text{КРИПТОВАЛЮТА, ТОКЕН}) = 1:M$ (на основе определенной криптовалюты может быть выпущено множество токенов, но определенный токен может быть выпущен только на основе одной криптовалюты), следовательно, возможно применение преобразования 1 [3]:

~~КРИПТОВАЛЮТА~~ ~~ТОКЕН~~
~~ТОКЕН~~ ~~КОШЕЛЕК~~

$T(\text{ТОКЕН, КОШЕЛЕК}) = M:M$ (определенный токен может быть доступен в нескольких кошельках, определенный кошелек может поддерживать несколько токенов)

8. Запрос представлен следующей многомерной ФС:

~~КОШЕЛЕК~~ ~~ТОКЕН~~
~~КРИПТОВАЛЮТА~~

$T(\text{ТОКЕН, КРИПТОВАЛЮТА}) = M:1$ (на основе определенной криптовалюты может быть выпущено множество токенов, но определенный токен может быть выпущен только на основе одной криптовалюты), следовательно, возможно применение преобразования 2 [3]:

~~КОШЕЛЕК~~ ~~ТОКЕН~~
~~КРИПТОВАЛЮТА~~ ~~ТОКЕН~~

$T(\text{КОШЕЛЕК, КРИПТОВАЛЮТА}) = M:M$ (определенный кошелек может поддерживать несколько криптовалют, определенная криптовалюта может поддерживаться несколькими кошельками).

9. Запрос представлен следующей многомерной ФС:

~~МАЙНИНГОВЫЙ ПУЛ~~ ~~КРИПТОВАЛЮТА~~
~~ТОКЕН~~

$T(\text{КРИПТОВАЛЮТА, ТОКЕН}) = 1:M$ (на основе определенной криптовалюты может быть выпущено множество токенов, но определенный токен может быть выпущен только на основе одной криптовалюты), следовательно, возможно применение преобразования 2 [3]:

~~МАЙНИНГОВЫЙ ПУЛ~~ ~~ТОКЕН~~ ~~КРИПТОВАЛЮТА~~

10. Запрос представлен следующей многомерной ФС:

~~МАЙНИНГОВЫЙ ПУЛ~~ ~~КРИПТОВАЛЮТА~~ ~~ТОКЕН~~
~~БИРЖА~~

$T(\text{КРИПТОВАЛЮТА, ТОКЕН}) = 1:M$ (на основе определенной криптовалюты может быть выпущено множество токенов, но определенный токен может быть выпущен только на основе одной криптовалюты), следовательно, возможно применение преобразования 1 [3]:

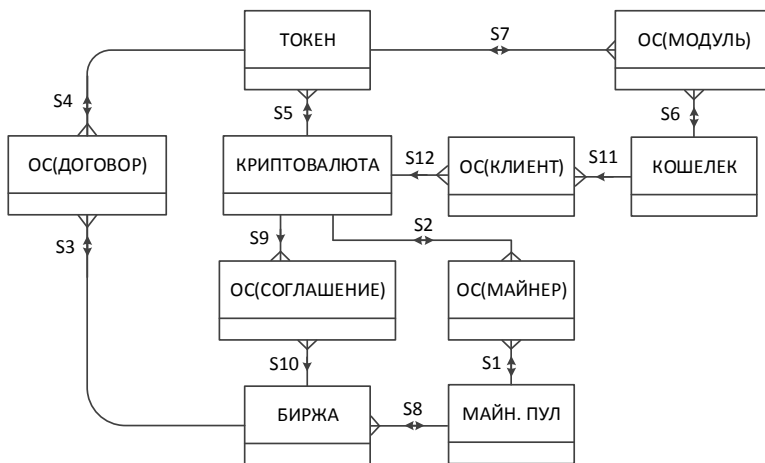
~~КРИПТОВАЛЮТА~~ ~~ТОКЕН~~ ~~МАЙНИНГОВЫЙ ПУЛ~~
~~БИРЖА~~

$T(\text{МАЙНИНГОВЫЙ ПУЛ, БИРЖА}) = 1:M$ (определенный майнинговый пул может владеть несколькими биржами, определенная биржа может принадлежать только одному майнинговому пулу), следовательно, возможно применение преобразования 2 [3]:

~~КРИПТОВАЛЮТА~~ ~~ТОКЕН~~ ~~БИРЖА~~ ~~МАЙНИНГОВЫЙ ПУЛ~~
~~БИРЖА~~

$T(\text{ТОКЕН, БИРЖА}) = M:M$ (определенный токен может торговаться на нескольких биржах, определенная биржа может поддерживать торговлю несколькими токенами).

Каждая из полученных функциональных связей канонического вида последовательно отображается в структурные связи (которым присвоены имена $S_1, S_2, \dots, S_{12}$) в соответствии с правилами, изложенными в [3]. Совокупный результат таких отображений представляет собой инфологическую схему предметной области. Для графического изображения структурных связей и инфологической схемы используются *ER*-диаграммы (диаграммы «сущность – связь») в нотации Баркера [2]. Использование *ER*-модели позволяет представить инфологическую схему предметной области в виде графа (рис. 1), вершинам которого соответствуют объекты (сущности), а дугам – структурные связи.



Инфологическая схема

Полученная инфологическая модель является основой для дальнейшего проектирования информационной базы и алгоритмов функционирования информационной системы «Криптовалюта».

Список литературы

1. Филиппов, Е. Криптовалюта. М. : STFOREX, 2017. 50 с.
2. Иванова, Г. С. Технология программирования. М. : КНОРУС, 2011. 336 с.
3. Сенилов, М. А. Методические указания для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Структуры и алгоритмы обработки данных в ЭВМ». Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2008. 32 с.

Р. В. Зубарев, студент
Е. Ф. Стукалина, кандидат технических наук, доцент
Кафедра «Защита информации в компьютеризованных системах»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Сравнительный анализ систем оценки и управления рисками информационной безопасности

Приведены результаты сравнения систем анализа рисков RiskWatch, CRAMM и «ГРИФ». Также приведены основные сведения о каждой системе.

Ключевые слова: анализ рисков, «ГРИФ», CRAMM, RiskWatch, информационная безопасность.

R. V. Zubarev, Student
E. F. Stukalina, PhD in Engineering, Associate Professor
Department of Information Security in Computerized Systems
Kalashnikov ISTU

The comparative analysis of an assessment systems and risk management of information security

Results of comparing of analysis systems of risks of “RiskWatch”, “CRAMM” and “GRIF” are given in article. The main data on each system are also provided.

Keywords: risk analysis, GRIF, CRAMM, RiskWatch, information security.

Специалист по информационной безопасности компании RAND Лиллиан Эблон утверждает: «С наличием соответствующих ресурсов, всегда найдется способ взлома. Цель информационной безопасности – сделать взлом максимально дорогим для атакующего с точки зрения денег и времени, а также и других ресурсов» [1].

Введение

В эпоху информационных технологий существует острая необходимость защиты данных, особенно актуально это для компаний вне зависимости от отраслей. Международная компания Positive Technologies, главный офис которой расположен в Москве, оказывает консалтинговые и сервисные услуги в области информационной безопасности, собирая статистику кибератак. На рис. 1 представлен сравнительный график по отраслям, которые стали жертвами атак за 2015 и 2016 гг. [2].

Статистика инцидентов по отраслям компаний, обратившихся в Positive Technologies

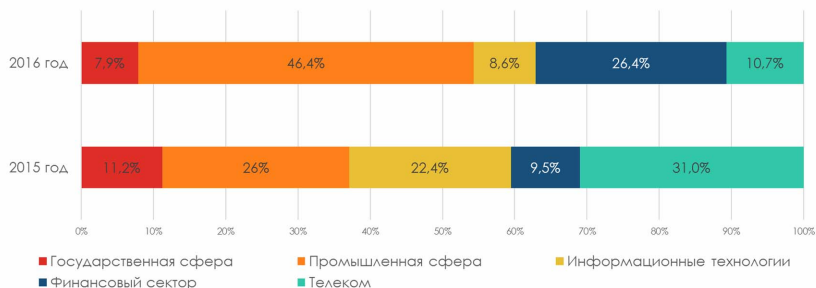


Рис. 1. Сравнительный график

Отсюда можно сделать вывод, что основные жертвы атак – это промышленные и финансовые компании. Увеличение инцидентов в этих сферах связано с оптимизацией расходов в сфере информационной безопасности ввиду ухудшения экономической ситуации.

Сдерживающим фактором применения систем защиты информации является затратность данных комплексов. Руководство рассматривает это как неоправданные затраты и, следовательно, не внедряет защиту. В свою очередь, ИТ-специалист, работающий в конкретной компании, не может убедить руководство в необходимости использования систем защиты. Именно на данном этапе обнаруживается проблема, для решения которой отлично подходят средства анализа и контроля информационных рисков.

В настоящее время на рынке представлены три основных продукта для анализа рисков компании.

1. CRAMM – разработан Службой безопасности Великобритании по правительственному заказу, является государственным стандартом. Данный продукт используется с 1985 г. и достаточно популярен по всему миру. Разработкой и обслуживанием CRAMM занимается британская компания Insight Consulting Limited [3]

2. RiskWatch – является детищем одноименной американской компании. В коллектив разработчиков также входили: Национальный институт стандартов и технологий США, Министерство обороны США и Министерство обороны Канады. Данная система анализа рисков разработана в 1988 г., является государственным стандартом США и полагается на «Оранжевую книгу» [4].

3. «ГРИФ» – отечественный пакет для анализа рисков информационной безопасности, разработанный достаточно молодой компанией Digital Security в 2003 г. Это первая российская разработка в сфере аудита информационной

безопасности. Мощный инструмент с удобным интерфейсом, используется в России, странах СНГ и Балтии [5].

Сравнительный анализ систем оценки и управления рисками

Для удобства восприятия анализ выполнен посредством таблицы, представленной ниже. В сравнении участвуют последние версии рассматриваемых продуктов.

Для сравнения взяты системы анализа рисков:

- компании Insight Consulting Limited: CRAMM версии 5;
- компании RiskWatch: RiskWatch версии 9.0;
- компании Digital Security: ГРИФ 2006;

Проанализировав таблицу, можно выделить преимущества и недостатки каждого программного пакета. Например, «ГРИФ» довольно доступный продукт, но функционал его немного меньше, чем у RiskWatch; в свою очередь, «ГРИФ» имеет простой интерфейс, не требующий дополнительных знаний и высокой квалификации специалиста в области информационной безопасности. CRAMM в качестве метода оценки использует качественный подход в отличие от RiskWatch, но имеет меньшее количество вариантов отчета. Также стоит отметить, что «ГРИФ» – это единственный продукт, имеющий сетевое решение.

Выбор того или иного продукта специалистом по информационной безопасности чаще всего зависит от входных данных и стоимости лицензии; на основании данных критериев можно составить алгоритм выбора системы анализа и управления рисками информационной безопасности, который представлен на рис. 2. Условия, используемые при построении алгоритма:

- наличие сведений об архитектуре информационной системы (настольные, распределенные, файл-серверные, клиент-серверные и т.д.);
- наличие сетевого оборудования;
- наличие групп пользователей;
- наличие базовых требований безопасности;
- наличие мер защиты;

Если входные данные неважны специалисту, то выводится стоимость каждой из систем, исходя из которой специалист выберет наиболее приемлемый для его целей продукт.

Сравнительный анализ средств оценки и управления рисками

Параметры	CRAMM 5	RiskWatch 9.0	ГРИФ 2006 Digital Security Office
Интерфейс	Сложный	Сложный	Простой
Цена	2000 – 5000 долларов	10000 долларов	1000 долларов
Операционная система	Windows 98/2000/XP	Windows 2000/XP	Windows 2000/XP
Входные данные	Ресурсы, ценность ресурсов, угрозы, уязвимости системы, выбор адекватных контрмер	Тип информационной системы, базовые требования в области безопасности, ресурсы, политики, угрозы, уязвимости, меры защиты, ценность ресурсов, частота возникновения угроз, выбор контрмер	Ресурсы, сетевое оборудование, виды информации, группы пользователей, средства защиты, угрозы, уязвимости, выбор контрмер
Варианты отчетов	Общий и детализированный	Общий, о стоимости защищаемых ресурсов и ожидаемых потерях от реализации угроз, об угрозах и мерах противодействия, ROI (окупаемость инвестиций), о результатах аудита	Инвентаризация ресурсов, риски по видам информации и ресурсам, ROI, выбранные контрмеры, рекомендации экспертов
Метод оценки	Качественный	Количественный	Качественный и количественный
Сетевое решение	Отсутствует	Отсутствует	Корпоративная версия
Источники	[6]	[7]	[8]

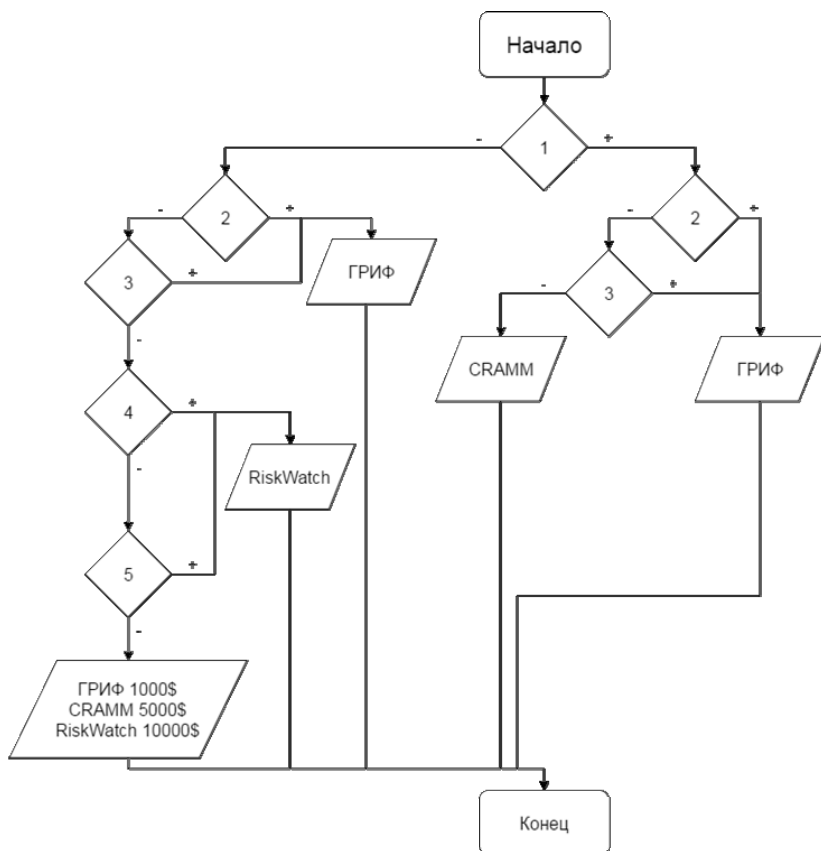


Рис. 2. Алгоритм выбора системы анализа информационных рисков

Итак, подводя итоги, можно сказать, что представленный выше алгоритм поможет специалисту по информационной безопасности выбрать систему анализа и управления рисками. Алгоритм построен на основе входных данных. При прочих равных условиях целесообразнее выбирать отечественный пакет ГРИФ 2006, так как по функциональности он практически не уступает зарубежным аналогам и лицензия стоит гораздо дешевле.

Список литературы

1. URL-<http://www.rand.org/> (дата обращения: 17.04.2017).
2. URL-www.ptsecurity.ru (дата обращения: 17.04.2017).
3. URL-www.insightconsulting.com (дата обращения: 17.04.2017).
4. URL-<https://www.riskwatch.com/about/> (дата обращения: 18.04.2017).
5. URL-<https://dsec.ru/about/> (дата обращения: 18.04.2017).
6. URL-<http://www.gammassl.co.uk/docroot/index.php> (дата обращения: 18.04.2017).
7. URL-<http://анализ-риска.рф/content/riskwatch> (дата обращения: 18.04.2017).
8. URL-<http://www.securitylab.ru/software/270345.php> (дата обращения: 18.04.2017).

Д. В. Бутыльский, магистрант
А. И. Вахрушев, магистрант
Р. М. Гафаров, кандидат технических наук, доцент
Кафедра «Вычислительная техника»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Разработка алгоритма автоматического выделения объектов на УЗИ-снимках сердца

Рассматривается разработка алгоритма автоматического выделения объектов на УЗИ снимках сердца. В алгоритме используются методы фильтрации, сегментации и вписывание квадратов в области изображения. Применение автоматического алгоритма позволит упростить и ускорить анализ данных фотографий с целью выявления возможных отклонений работы сердца.

Ключевые слова: левый желудочек сердца, обработка изображений, выделение объектов, фильтрация, сегментация.

D. V. Butylskiy, Master's Degree Student
A. I. Vahrushev, Master's Degree Student
R. M. Gafarov, PhD in Engineering, Associate Professor
Department of Computer Engineering
Kalashnikov ISTU

Algorithm development of automatic object selection on USI heart images

The algorithm development of automatic object selection on USI heart images is considered. Methods of filtration, segmentation and squares inscribing are used in the algorithm. Applying of automatic algorithm allows to simplify and speed up snapshot data analysis to identify possible deviations of heart work.

Keywords: left ventricle, image processing, object selection, filtration, segmentation

Введение

Большинство скоропостижных смертей людей связано с различными болезнями. В связи с этим необходима качественная и точная диагностика, позволяющая предупреждать возникновение проблем сердечной деятельности задолго до их появления. В настоящее время одним из самых распространенных методов диагностики являются ультразвуковые исследования (УЗИ) кровеносной системы. УЗИ-снимки позволяют получить важную информацию о работе сердца, правильно оценить его состояние и вовремя

обнаружить возможные отклонения его функционирования. При этом наиболее часто в задачах кардиологии применяется апикальная четырехкамерная позиция сердца (рис. 1), которая позволяет исследовать область левого желудочка (ЛЖ).

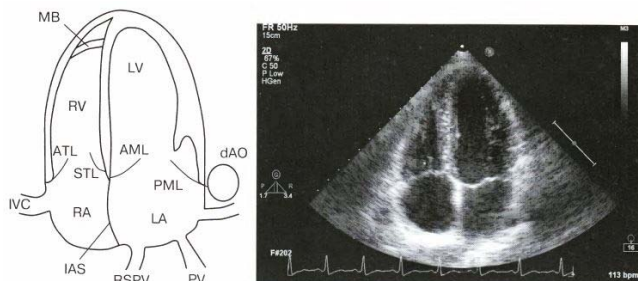


Рис. 1. Визуализация сердца из апикальной четырехкамерной позиции, схема (слева) и В-режим (справа)

На основании получаемой информации из контура ЛЖ кардиологи получают возможность рассчитывать различные количественные показатели, такие как объем и площадь, фракция выброса ЛЖ и другие, характеризующие работу сердечной мышцы, и делать на их основе выводы о состоянии сердечной мышцы пациента в целом [1]. Таким образом, задача построения контура ЛЖ является одной из важных задач при диагностике сердечных заболеваний.

Развитие методов цифровой обработки изображений позволяет использовать их для решения задач автоматизации обработки изображений различного характера. Большинство современных УЗИ-сканеров имеют программное обеспечение, которое позволяет автоматизировать процесс оконтуривания, но не делает его полностью автоматическим. Поэтому большой смысл имеет задача автоматической обработки цифровых изображений УЗИ-снимков сердца. Ее решение позволит упростить и ускорить анализ данных фотографий с целью выявления возможных отклонений работы сердца.

Описание алгоритма

Шаг 1. Одной из главных проблем ультразвуковых изображений является спекл-шум, который порождается ультразвуковыми медицинскими сканерами. Такие шумы значительно влияют на восприятие изображения и приводят к тому, что оно выглядит зернистым. Поэтому первым этапом алгоритма становится предварительная обработка изображения, которая позволяет уменьшить шум.

В работе [2] было установлено, что в подавляющем большинстве задач, связанными с изображениями со спекл-шумами, достаточно медианного фильтра. Но стандартный медианный фильтр имеет такой недостаток, как частое применение операции сортировки. Поскольку данная операция является трудоемкой, это сказывается на скорости работы алгоритма. Поэтому было решено применить реализацию быстрого медианного фильтра, предложенную в работе [3]. Он основан на вычислении медианы на локальной гистограмме окрестности пикселя, и не содержит сортировок в своей реализации.

Шаг 2. После фильтрации изображения, нужно выделить перспективные области так, чтобы с полученной информацией можно было проще работать на дальнейших этапах. С этой задачей поможет справиться бинаризация изображения. В этом процессе пиксели изображения делятся на 2 класса: пиксели фона и пиксели объекта. Было принято решение использовать метод Оцу. Этот метод хорош тем, что прост в реализации и не требует предварительного задания значения порога, он вычисляется в ходе алгоритма [4].

Шаг 3. Получив черно-белое изображение, нужно теперь выделить признаки, характеризующие ЛЖ.

По своей структуре левый желудочек длиннее и имеет более ярко выраженную конусообразную форму, чем правый желудочек, который характеризуется формой неправильной трехгранной пирамиды. В поперечном разрезе он выглядит, как овал. Стенки левого желудочка по толщине в 2-3 раза превосходят стенки правого желудочка. Эта разница происходит за счет мышечного слоя и объясняется большей работой, производимой левым желудочком (большой круг кровообращения) в сравнении с правым (малый круг) [5].

Принимая во внимание, что ЛЖ имеет форму, близкую к овалу, и фактически является самым большим объектом на УЗИ-снимках сердца, можно воспользоваться предложенным канд. тех. наук Р. М. Гафаровым методом вписывания в объекты квадратов, получаемых при помощи функции расстояния.

Алгоритм основан на сканировании изображения окном 2×2 (рис. 2).

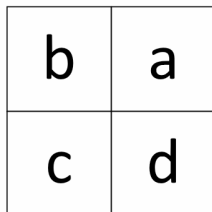


Рис. 2. Окно 2×2 : a, b, c, d – точки окна, соответствующие правым нижним углам вписываемых квадратов; d – текущая точка, для нее вычисляется размер квадрата; b – точка, для которой определяется принадлежность ее вписанному квадрату

Размер каждого квадрата рассчитывается как размер минимального соседнего. Для точек окна расчет размера квадрата имеет вид

$$d = \min(a, b, c) + 1. \quad (1)$$

В точке b проверяется условие вписанности:

$$\begin{cases} b \geq a \\ b \geq c \\ b \geq d \end{cases} \quad (2)$$

Если условие (2) выполняется, то точка b является правым нижним краем вписанного квадрата.

Таким образом, вписанный квадрат наибольшего размера будет находиться в области ЛЖ на снимке.

Шаг 4. Заключительным шагом алгоритма является обозначение контуров ЛЖ. Для этого используется информация, полученная на предыдущем этапе, и алгоритм водораздела [6]. За начальную точку – локальный минимум – принимается центр наибольшего вписанного квадрата.

Результаты работы алгоритма

Алгоритм был отработан на 12 УЗИ-снимках сердца. Результаты работы на некоторых снимках представлены на рис. 3.

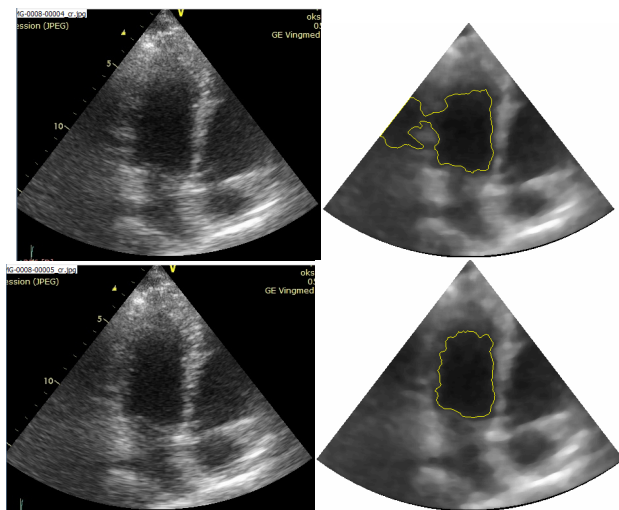


Рис. 3. Результаты работы алгоритма, исходный снимок (слева) и результат оконтуривания (справа)

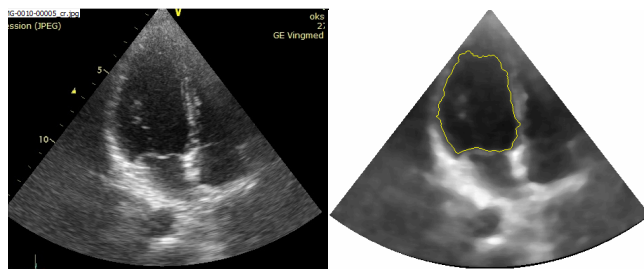


Рис. 3. Окончание

Как видно из результатов, в одних случаях алгоритм со своей задачей справляется. Однако для более точной оценки требуется мнение специалиста. В других случаях основная проблема заключается в том, что контур определяется незамкнутым и «утекает» в другую область – за пределы ЛЖ.

Таким образом, данный алгоритм нуждается в доработке. Дальнейшая доработка алгоритма видится в модификации алгоритма сегментации, что позволит избежать появления незамкнутых контуров.

Список литературы

1. Шиллер, Н. Клиническая эхокардиография / Н. Шиллер, М. А. Осипов. М. : Практика, 2005.
2. Бондина, Н. Н. Сравнение алгоритмов фильтрации медицинских изображений по оценкам их качества / Н. Н. Бондина, А. С. Калмычков, О. А. Козина // Вестник НТУ «ХПИ». 2013. № 39. С. 15–21.
3. Бардин, Б. В. Быстрый алгоритм медианной фильтрации // Научное приборостроение. 2011. Т. 21, № 3. С. 135–139.
4. Otsu, N. A threshold selection method from gray-level histograms. IEEE Trans. Sys., Man., Cyber. 9 (1): 62-66.
5. Косицкий, Г. Физиология человека. 3-е изд. М. : Медицина, 1985.
6. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. М. : Техносфера, 2005. 1072 с.

А. В. Девятков, магистрант
В. Г. Тарасов, кандидат технических наук, доцент
Кафедра «Программное обеспечение»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Обучение программированию сегодня и в перспективе

Рассмотрены основные составляющие части учебных курсов по программированию. Показан пример их использования для обучения студентов. Сформулированы задачи для достижения поставленной цели – повышения эффективности преподавания программирования начинающим.

Ключевые слова: программирование, обучение, учебный курс.

A.V. Devyatov, Master's Degree Student
V.G. Tarasov, PhD in Engineering, Associate Professor
Department of Software
Kalashnikov ISTU

Programming training today and in the future

The main components of the training courses on programming are considered. An example of their use for teaching students is shown. Formulated the tasks to achieve the set goal - to increase the effectiveness of teaching programming to beginners.

Keywords: programming, training, training course.

Введение

В настоящее время происходит активное развитие информационных технологий. Повышение мощности компьютерной техники требует разработки нового программного обеспечения, способного выполнять разнообразные задачи по обработке информации. Однако ИТ-отрасль испытывает огромный дефицит кадров, в связи с чем остро стоит вопрос подготовки новых специалистов. На сегодняшний день существует множество методик обучения начинающих программистов. Эти методики предлагают различные языки программирования, учебные программы и методы оценки качества знаний. Наша задача – проанализировать существующие учебные курсы, сформулировать показатели их эффективности на основе внутренней структуры знаний информатики и проверить, насколько соответствует этим показателям курс, проводимый кафедрой «Программное обеспечение» ИжГТУ имени М. Т. Калашникова.

Организационные моменты

Научиться любому делу, в том числе программированию, можно в разные сроки. Одна из основных проблем, мешающих освоить нужную информацию, – неправильно подобранная техника обучения. Качественный учебный курс по программированию должен обладать следующими характеристиками:

- структурированность материала; переход от предыдущей темы к следующей не должен быть слишком резким;
- соответствие сложности практических заданий уровню учащихся;
- поддержка и стимулирование самостоятельной работы обучающихся;
- автоматизированная проверка решений учащихся.

Поскольку IT-отрасль испытывает дефицит квалифицированных специалистов, разумным выглядит решение начинать обучение со школьной скамьи [1]. Каким должен быть минимальный порог знаний для людей, желающих обучаться программированию? Перед тем, как приступить к обучению, обучающийся должен знать математику уровня средней школы (разновидности чисел, основные математические операции, бинарные и унарные операторы), а также обладать базовыми навыками работы с компьютером. Математика необходима для понимания алгоритмических конструкций и вычисления сложности программы, а под базовыми навыками пользователя компьютера предполагается, в первую очередь, умение загрузить и установить необходимые IDE, а также искать необходимую информацию в сети Интернет.

Качественный учебный курс должен состоять из теоретических лекций и практических занятий. Также у обучающихся должна быть возможность решать задачи круглосуточно.

Выбор языка программирования

Чтобы писать программы, требуется язык программирования. Существует множество мнений, какой именно язык программирования стоит изучать первым [2–4], а также мнение, что это неважно [5]. Однако на большинстве учебных курсов программирование преподают на примере Python или C/C++.

Сторонники Python как первого языка программирования приводят следующие аргументы:

- интерпретатор Python реализован практически на всех платформах и операционных системах. Это характерно и для C, однако его типы данных на разных машинах могут занимать разное количество памяти, что служит некоторым препятствием при написании действительно переносимой программы. Python же таким недостатком не обладает;
- расширяемость языка, чему придается большое значение, и, как пишет сам автор, язык был задуман именно как расширяемый. Это означает, что

имеется возможность совершенствования языка всеми заинтересованными программистами.

Сторонники С++ же выделяют следующие сильные стороны языка:

- возможность разработки не только в объектном, но и в процедурном стиле. Парадигма процедурного программирования – самая простая для понимания: функциональное или логическое программирование требуют понимания математического аппарата уровня вуза, а ООП – это надстройка, для понимания которой необходимо знание хотя бы одной из основных парадигм;

- имеет простой и логичный синтаксис. С-подобный синтаксис используется во многих языках программирования, таких как Java, C#, PHP, JavaScript и др.;

- имеет статическую строгую типизацию. На примере языка со статической типизацией проще понять, что такое тип данных, зачем он нужен и от чего зависит. Видно, что собой представляет объявление, определение и инициализация. Помимо этого можно на реальных примерах понять, чем беззнаковые целые числа отличаются от целых чисел со знаком, чем отличаются числа двойной и одинарной точности, чем отличается символ от строки и т. д.;

- актуальность, возможность применить полученные знания в дальнейшей карьере. Согласно рейтингу популярности языков программирования ТЮВЕ за март 2018 г. [6] С++ находится на 3-м месте. Также следует отметить, что в первой десятке данного рейтинга находятся шесть языков с С-подобным синтаксисом (таблица);

Таблица 1. Рейтинг языков программирования ТЮВЕ (языки программирования с С-подобным синтаксисом выделены жирным)

Место на март 2018 г.	Язык программирования
1	Java
2	C
3	C++
4	Python
5	C#
6	Visual Basic.NET
7	PHP
8	JavaScript
9	Ruby
10	SQL

- имеет богатую стандартную библиотеку. Сама по себе концепция шаблонов C++, генерации кода и применения широкого спектра алгоритмов к различным контейнерам положительно влияет на процесс обучения. Здесь всё на поверхности и понятно, почему можно создать вектор целых чисел и вектор пользовательских объектов на основе одного класса-контейнера; почему можно применить некоторую операцию к последовательности объектов; как отсортировать объекты, для которых не предусмотрена встроенная операция сравнения. Можно понять, как осуществляется доступ к элементам, и узнать о категориях итераторов. Помимо этого закрепляется понимание обобщенного программирования.

Следует отметить, что Python обладает двумя очень существенными недостатками по сравнению с C++. Одним из главных минусов для начинающих программистов является динамическая типизация. С ростом кодовой базы следить за типом передаваемых друг другу данных бывает очень сложно. Отсюда возникают проблемы, когда случайные опечатки в коде приводят к созданию новых переменных. Отлаживать такой код чрезвычайно трудно. Другим весьма важным недостатком Python является его низкая скорость выполнения. Python в отличие от C++ – интерпретируемый язык с автоматическим управлением памятью. На первый взгляд это кажется преимуществом, но при разработке программ с повышенным требованием к эффективности Python значительно проигрывает в скорости языкам программирования со статической типизацией.

План обучения

Главная цель любого учебного курса – познакомить обучающихся с основами алгоритмизации и программирования. Следовательно, на первом занятии необходимо рассказать о самом понятии алгоритма. Алгоритм – понятное и точное предписание исполнителю выполнить конечную последовательность команд, приводящую от исходных данных к искомому результату. В первую очередь необходимо обучать не синтаксису языка программирования, а самому принципу автоматизации задач, чтобы обучающийся в дальнейшем смог легко переключиться на другой язык программирования.

В информатике выделяют три основных вида вычислительных процессов: следование, ветвление и цикл. И именно в таком порядке следует преподносить это студентам. При этом, по мнению И. Р. Дединского [1], материал тем и задачи должны быть построены по принципу «минимально необходимого». Например, изучение существующих в языке программирования типов данных должно откладываться до момента, когда потребность в них не продиктуется решаемыми задачами. Важные приемы и концепции изучаются с использованием только целых чисел, и затем для

подкрепления и углубления привлекаются более сложные типы данных. В этом заключается теоретическая часть плана обучения.

Как и в любом обучении, полученные знания необходимо закреплять. С этой целью нужно проводить практические занятия, желательно сразу после лекций. Задания должны быть четко и недвусмысленно сформулированы и иметь различную сложность. Обязательно должна быть возможность решать практические задания не только в учебной аудитории, но и дома.

Заключение

Просмотрев различные учебные курсы [3, 4], проанализировав достоинства и недостатки различных языков, а также полагаясь на собственный опыт, мы убедились, что C++ наиболее подходящий язык для первого знакомства с программированием.

В ИжГТУ имени М. Т. Калашникова на кафедре «Программное обеспечение» уже несколько лет успешно проводится обучение школьников 7-8-х классов основам программирования. Ученики слушают курс лекций по линейным вычислениям, ветвлениям, циклам, изучают массивы и основные конструкции стандартной библиотеки. Для проведения практических занятий используется распределённая система автоматической проверки решений BACS [7], которая позволяет разгрузить преподавателя от ручной проверки и исключает человеческий фактор. BACS доступен в режиме 24/7, что позволяет учащимся решать задачи в удобное время для них время.

В дальнейшем мы собираемся повышать эффективность нашего учебного курса. Для этого нам необходимо:

- собрать статистические данные (выделить наиболее простые и сложные задачи);
- выделить критерии эффективности теоретического и практического обучения.

Список литературы

1. Опыт обучения школьников программированию [Электронный ресурс]. URL: <https://habrahabr.ru/post/179307/> (дата обращения: 31.03.2018).
2. Преимущества C++ как первого языка для обучения программированию [Электронный ресурс]. URL: <https://habrahabr.ru/post/202466/> (дата обращения: 31.03.2018).
3. Программа «Python как первый язык программирования» / Центр непрерывного образования ; Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» [Электронный ресурс]. URL: <https://cs.hse.ru/dpo/python1> (дата обращения: 31.03.2018).

4. Программирование – Обучение в Яндексе [Электронный ресурс].
URL: <https://academy.yandex.ru/events/programming/> (дата обращения: 31.03.2018).
5. 5 причин, почему первый язык не важен [Электронный ресурс].
URL: https://geekbrains.ru/posts/pick_any_first_language (дата обращения: 31.03.2018).
6. TIOBE Index | TIOBE - The Software Quality Company [Электронный ресурс].
URL: <https://www.tiobe.com/tiobe-index/> (дата обращения: 31.03.2018).
7. BACS - Bigfoot's ACM Contest System [Электронный ресурс].
URL: <https://bacs.cs.istu.ru/media/doc/Memo.doc> (дата обращения: 01.04.2018).

Р. Р. Юсупов, магистрант
С. В. Вологдин, доктор технических наук, профессор
Кафедра «Информационные системы»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Описание процесса формирования теста в интеллектуальной системе тестирования

Приводится описание одной из подсистем разрабатываемого комплекса тестирования, в частности, речь идет о подсистеме формирования теста. В рамках данной статьи рассмотрена общая структура теста, принципы построения теста, а также подсчета результатов. В конце статьи приводится пример подобного теста.

Ключевые слова: система тестирования, адаптивный тест, тестирование, база данных.

R.R. Yusupov, Master's Degree student
S. V. Vologdin, Doctor of Engineering Sciences, Professor
Department of Information Systems
Kalashnikov ISTU

Description of the process of forming the test in the intelligent system of testing

This article describes one of the subsystems of the test suite being developed, in particular, it is a subsystem of test generation. Within the framework of this article, the general structure of the test, the principles of constructing the test, as well as the calculation of the results are examined. At the end of the article, an example of such a test is given.

Keywords: testing system, adaptive test, testing, database.

В наше время информационные технологии позволяют создавать проекты различной сложности и направленности. Они, как и любые другие разработки, постоянно улучшаются и развиваются: добавляются новые, заменяются устаревшие. Достаточно много наработок имеется и у программных продуктов, позволяющих автоматизировать процесс тестирования, однако практически все они обладают одним недостатком – они воплощают только традиционный вид тестирования, когда есть набор вопросов и компьютер произвольно извлекает из этого набора список вопросов и представляет их пользователю.

Но, сейчас они нуждаются в систематизации и наделении их интеллектуальной «начинкой». У таких систем главное – интеллектуальность, гиб-

кость, открытость и адаптивность. И такой шанс нам дают формы адаптивного тестирования [1].

Удобство адаптивного вида тестирования достигается за счет его эффективности по сравнению с традиционным видом тестирования [2]. Например, такой тип тестирования обладает возможностью определения знаний обучающегося за минимальное количество заданных вопросов. При выполнении одного и того же адаптивного теста тестируемые с высоким уровнем подготовки и тестируемые с низким уровнем подготовки увидят совершенно разные наборы вопросов: первый увидит большее число сложных вопросов, а последний – легких.

По причине актуальности данной темы, было принято решение по разработке системы тестирования с интеллектуальной «начинкой». Данную систему было решено представить в виде WEB-приложения, так как этот вариант является наиболее прогрессивным и удобным.

Целью разработки системы тестирования является автоматизация процедуры установления и измерения индивидуально-психологических отличий.

Объектом исследования является процедура тестирования. Предметом исследования: автоматизация процесса тестирования и хранение результатов.

В рамках данной статьи будет рассмотрена одна из подсистем разрабатываемого комплекса тестирования, а именно подсистема формирования теста.

В рамках общей работы необходимо создать универсальную систему тестирования, а именно то, чтобы с помощью данной системы можно было предоставить возможность проведения как психологических тестов, так и тестирования знаний, и при этом реализовать два вида тестирования – традиционный и адаптивный. Для этого была разработана определенная логика формирования и прохождения тестирования, которая реализуется в подсистеме формирования теста.

Рассмотрим функции, которые должна выполнять данная подсистема:

- определение свойств тестов;
- определение типов, видов вопросов и их ответов;
- определение схем переходов между тестовыми блоками;
- определение весов текстовых блоков.

Рассмотрим общую структуру теста (рис. 1).

Тест состоит из определенного количества тестовых блоков. Тестовый блок представляет из себя набор вопросов одной тематики, сложности, вида вопросов и др. в зависимости от того, какого вида тест. Вопросы содержат n -е количество ответов.

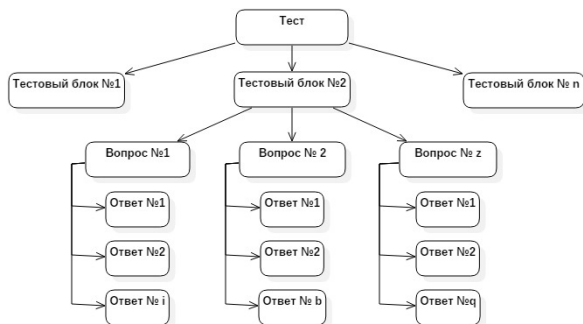


Рис. 1. Общая структура теста

Адаптивные тесты, подразумевают переход от одного вопроса к другому в зависимости от ответа на первый. Так и будет реализовано в разрабатываемой системе за исключением того, что вместо понятия вопроса будет использоваться тестовый блок, т. е. переход будет осуществляться между блоками вопросов в зависимости от того, какой вес наберет последующий блок в предыдущем блоке [3].

Рассмотрим алгоритм создания теста поэтапно.

Первый этап. Заполняется информация о тесте: название, содержание, категория, к которой относится тест, вид и другая необходимая информация.

Виды теста бывают:

- открытые – тесты, доступ к которым (на правах чтения) имеют все зарегистрированные пользователи, не входящие в черный список по отношению к проходимому тесту;
- закрытые – тесты, для доступа к которым обязательно наличие прав к проходимому тесту (кроме черного списка).

Подробно о системе доступа к данным в разрабатываемой интеллектуальной системе описано в статье «Организация доступа к данным на основе бинарных правил в интеллектуальной системе тестирования» [4].

Второй этап. Создаются и заполняются вопросами тестовые блоки. Также происходит создание и заполнение так называемых результирующих тестовых блоков. Данный вид блоков отличается тем, что в них вместо вопросов хранятся возможные результаты тестирования. Их количество определяется объемом вариантов результатов прохождения теста. Возможно наличие всего лишь одного такого блока и при этом пустого. Это будет означать, что результат тестирования будет давать специалист, изучив данные о прохождении теста пользователем системы.

Третий этап. Определяется схема переходов между тестовыми блоками, а именно то, какие блоки могут быть следующими за тем, на который уже были даны ответы. Пример переходов представлен на рис. 2.

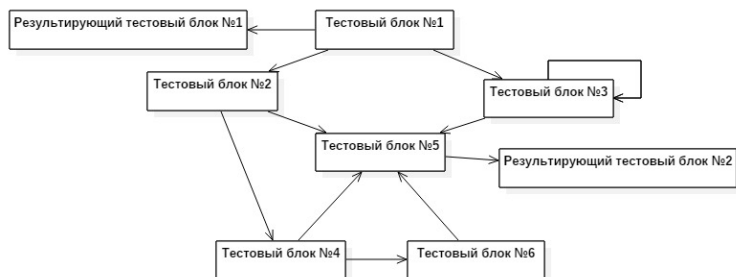


Рис. 2. Схема переходов между блоками

Четвертый этап. Определение веса каждого ответа относительно тех блоков, которые могут идти за блоком, в котором хранится данный ответ согласно схеме переходов между блоками. Такой способ определения веса позволяет не выделять один из ответов как правильный, т.е. каждый ответ может быть в какой-то мере правильный, если говорить про тесты, направленные на изучение знаний. Если затрагивать психологические тесты, то такой способ позволяет выделить какое-либо психологическое предрасположение пользователя в связи с данным ответом и при этом сразу же уменьшить значимость другого предрасположения. Пример представлен на рис. 3.

Тесты должны соответствовать следующим требованиям.

1. Состоять из одного или нескольких тестовых блоков, содержащих в себе вопросы с вариантами ответов.
2. Результаты прохождения теста хранятся в результирующих блоках по принципу «один результирующий блок – один конечный результат».
3. Должна быть составлена схема переходов между блоками.
4. Конечным блоком в каждой из ветвей схемы должен быть результирующий блок.
5. Должен быть определен вес каждого ответа по отношению ко всем блокам, которые идут за блоком, хранящим данный ответ, согласно схеме переходов между блоками.

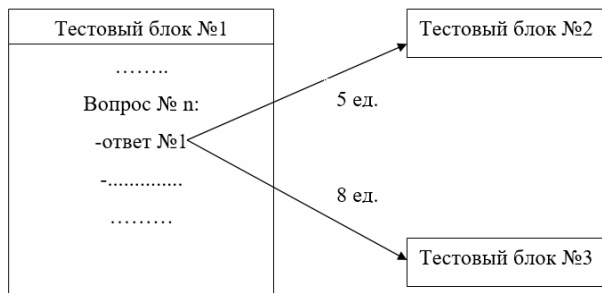


Рис. 3. Определение веса ответов

Рассмотрим два примера тестов.

1. Тест, позволяющий абитуриенту выбрать наиболее подходящую для него специальность на инженерно-экономическом факультете или посоветовать выбрать другое направление обучения, не присутствующее на данном факультете.

2. Тест, проверяющий знания по дисциплине «Интернет-программирование».

Оба теста были разработаны в соответствии с требованиями системы. Для первого теста была разработана схема переходов между блоками, которая представлена на рис. 4.

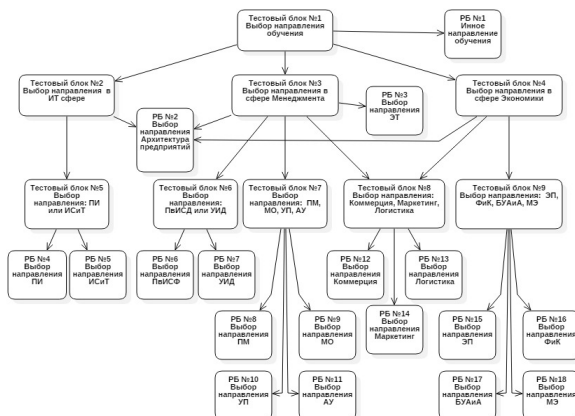


Рис. 4. Схема переходов между блоками

В схеме используются сокращения слов, расшифровка представлена в табл. 1.

Таблица 1. Расшифровка сокращенных слов

Сокращение	Расшифровка
РБ	Результирующий блок
ЭТ	Экономика труда
ПИ	Прикладная информатика
ИСиТ	Информационные системы и технологии
ПвИСФ	Предпринимательство в инновационной сфере деятельности
УИД	Управление инновационной деятельностью
ПМ	Производственный менеджмент
МО	Менеджмент организации
УП	Управление проектом
АУ	Антикризисное управление
ЭП	Экономика предприятий
ФиК	Финансы и кредит
БУАиА	Бухгалтерский учет, анализ и аудит
МЭ	Мировая экономика

Каждый тестовый блок содержит набор вопросов с вариантами ответов.

В результирующих блоках хранится информация о направлении обучения, которое рекомендовано абитуриенту. Рассмотрим часть вопросов и ответов в первом тестовом блоке, а также распределение весов ответов относительно последующих блоков (табл. 2), определенных в вышеприведенной схеме.

Таблица 2. Вопросы и ответы первого тестового блока

Вопросы	Ответы	Веса ответов, относительно блоков (ТБ – тестовый блок, РБ – результирующий блок)			
		ТБ 2	ТБ 3	ТБ 4	РБ 1
1. Новости из какой сферы ты больше предпочитаешь:	1.1. Новости, касаемые информационных технологий	10	0	0	0
	1.2. Новости крупных компаний: их стратегиях развития и др.	3	10	5	0
	1.3. Новости из сферы экономики	3	5	10	0
	1.4. Иное	0	0	0	7
2. Работа, связанная с учетом и контролем, – это довольно	2.1. Да	3	–2	–2	7

Вопросы	Ответы	Веса ответов, относительно блоков (ТБ – тестовый блок, РБ – результирующий блок)			
		ТБ 2	ТБ 3	ТБ 4	РБ 1
скучно	2.2. Нет	2	7	7	0
3. Я не могу точно рассчитать, сколько времени уйдет на дорогу до учебы	3.1. Да	0	–2	0	5
	3.2. Нет	0	5	3	0
4. Перед покупкой какой-либо вещи я долго и упорно анализирую цены на данный товар и выбираю то место, где дешевле	4.1. Да	3	5	7	0
	4.2. Нет	0	0	–2	3

Теперь рассмотрим более подробно второй тест, проверяющий знания по дисциплине «Интернет-программирование». Для теста была разработана схема переходов между блоками, которая представлена на рис. 5.



Рис. 5. Схема переходов между блоками

Каждый тестовый блок содержит набор вопросов с вариантами ответов. В результирующих блоках хранится информация об оценке, которую получил студент за тест.

В данном тесте, как мы видим, согласно схеме переходов всегда стоит выбор между двумя блоками, поэтому для каждого ответа будет всего два веса. В случае правильного ответа будет увеличиваться шанс перехода на следующий блок для получения наиболее высшей отметки, в случае неправильного ответа будет увеличиваться шанс окончания тестирования и получения той отметки, которую заработал студент. Веса для ответов будут определяться согласно данным, приведенным в табл. 3, и вес будет зависеть от правильности ответа на вопрос.

Таблица 3. Веса для ответов на вопросы

Вид ответа	Положительный блок	Отрицательный блок
Правильный	3	–1
Неправильный	0	2
Неправильный, грубая ошибка	–1	2

Под положительным блоком понимается блок, который даст шанс получить студенту оценку выше той, которая будет определена ему в отрицательном блоке.

Рассмотрим, какие вопросы и ответы содержатся в первом тестовом блоке, а также как распределены веса ответов, относительно последующих блоков (табл. 4), определенных в вышеприведенной схеме.

Таблица 4. Вопросы и ответы первого тестового блока

Вопросы	Ответы	Веса ответов, относительно блоков (ТБ – тестовый блок, РБ – результирующий блок)	
		ТБ 2	РБ 1
1. Какой HTML-тэг используется для создания локальных стилей?	1.1 <script>	–1	2
	1.2 <css>	3	–1
	1.3 <style>	0	2
2. CSS – это аббревиатура от:	2.1. Креативные таблицы	–1	2
	2.2. Каскадные таблицы стилей	3	–1
	2.3. Компьютерные таблицы стилей	–1	2
3. Какой из операторов PHP позволяет определить остаток от целочисленного деления?	3.1 /	0	2
	3.2. %	3	–1
	3.3. mod	0	2

Вопросы	Ответы	Веса ответов, относительно блоков (ТБ – тестовый блок, РБ – результирующий блок)	
		ТБ 2	РБ 1
4. На сайте внутри папки pages находится файл page.html. А внутри папки images находится файл foto.jpg. Причем папки images и pages лежат в корне сайта. Как правильно написать путь к foto.jpg из файла page.html:	4.1. pages/images/foto.jpg	–1	2
	4.2. /images/foto.jpg	3	–1
	4.3. /images/pages/foto.jpg	–1	2
	4.4. images/foto.jpg	0	2

Оба теста были успешно внесены в разработанную систему тестирования. Несколько студентов прошли оба теста, ошибок в ходе тестирования обнаружено не было, студенты хорошо отзывались о данной системе.

Список литературы

1. *Аванесов, В. С.* Форма тестовых заданий : учеб. пособие. 2-е изд. М. : Центр Тестирования, 2005. 155 с.
2. *Дружинина, Е. В.* Разработка руководства пользователя информационной системы тестирования школьников / Е. В. Дружинина, С. В. Вологдин // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2015. № 2. С. 86–87.
3. *Белоус, В. В.* Тестовый метод контроля качества обучения и критерии качества образовательных тестов // Наука и образование. 2013. № 4. С. 5–33.
4. *Юсупов, Р. Р.* Организация доступа к данным на основе бинарных правил в интеллектуальной системе тестирования / Р. Р. Юсупов, С. В. Вологдин, А. П. Бельюков // Интеллектуальные системы в производстве. 2017. № 4. С. 49–54.

Д. А. Баранова, студент
В. В. Ермилов, кандидат технических наук, доцент
Кафедра «Автоматизированные системы обработки информации
и управления»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Высокоэффективные методы ретрансляции видеосигнала с экранов систем управления технологическим оборудованием

Статья посвящена решению актуальной задачи повышения эффективности методов ретрансляции видеосигналов систем управления технологическим оборудованием. Предложены методы ретрансляции, основанные на протоколе RFB, что исключает необходимость перекодирования видеосигнала.

Ключевые слова: методы видеоретрансляции, перекодирование, дистанционная диагностика.

D. A. Baranova, Student
V. V. Ermilov, PhD in Engineering, Associate Professor
Department of Automated systems of information processing
and control
Kalashnikov ISTU

Highly efficient methods for retransmitting video signals from screens of process equipment control systems

The article is dedicated to solution of the actual goal to improve the efficiency of methods for retransmitting video signals of control systems for technological equipment. Relay methods based on the RFB protocol are proposed, which eliminates the need for video signal conversion.

Keyword: video relay methods, recoding, remote diagnostics.

С неминуемым приближением четвертой промышленной революции всё более актуальными становятся вопросы цифровизации производственных процессов. Современные инструменты цифровизации процессов работы технологического оборудования предлагают постоянный мониторинг, протоколирование параметров и событий работы оборудования, а также удаленную диагностику оборудования.

Возможность удаленной диагностики позволяет специалисту на своем рабочем месте предварительно проанализировать проблему, определить, какие еще специалисты, инструменты и документация потребуются для решения проблемы и выдвигаться на место более подготовленным к эффективной работе. Это в целом сокращает время реагирования технических служб на проблему и, соответственно, общее время простоя оборудования

из-за технических неполадок. Особенно это актуально для больших заводов с большими расстояниями между производственными корпусами.

Большинство современных систем управления технологическим оборудованием имеет технические возможности удаленной диагностики и удаленного доступа к экрану пульта управления. Однако в большинстве случаев такие системы не дают подключаться более чем одному пользователю одновременно, что снижает возможности коллективной диагностики несколькими специалистами.

Другой важной проблемой прямого подключения к системе управления оборудованием является возможность удаленного управления системой, которая создает риски возникновения аварийных ситуаций при неправильных дистанционных командах или хакерской атаке на систему.

Соответственно, удобная и безопасная реализация системы удаленной диагностики должна обеспечивать возможности коллективного подключения и доступа к экрану системы управления «только на чтение». Также надо учесть, что на больших заводах может быть до нескольких сотен единиц технологического оборудования, что накладывает дополнительные требования к эффективности реализации системы.

Удовлетворить указанные требования возможно за счет организации системы ретрансляции видеопотоков с экранов систем управления оборудованием (рис. 1).

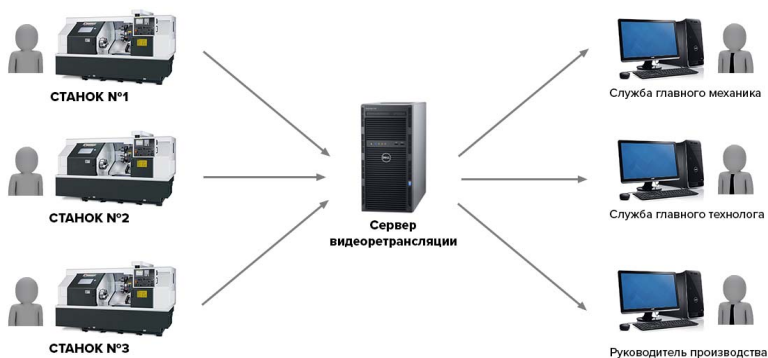


Рис. 1. Условная схема системы видеоретрансляции экранов систем управления технологическим оборудованием

Традиционно для таких задач применяются технологии потокового вещания [1]. Для организации потокового вещания требуется: источник видеосигнала (видеокамера или область экрана); сервер как аппаратная плат-

форма для вычислений, подключенный к сети передачи информации; модуль кодирования сигнала [2], обеспечивающий сжатие видеопотока (например, H.264, MPEG-4, VP6/8, MPEG-1/2 и т.п.); базовый протокол передачи данных от сервера клиентам (HTTP, RTMP, RTP, RTSP и др.); видеоплеер, способный принимать, раскодировать и воспроизводить получаемый видеопоток на клиентском месте (например, flash-плеер, SopCast, VLCPlayer и др.).

В качестве программных средств реализации серверов видеоретрансляции часто используют Adobe Flash Media Server, Iccast, Red5, Open Broadcaster или VLCPlayer.

Основные недостатки этих решений – высокое потребление вычислительных ресурсов сервера видеоретрансляции (процессорное время, память, трафик), а также обычно существенная задержка видеосигнала.

Указанные недостатки существенно повышают требования к аппаратному обеспечению и, соответственно, увеличивают стоимость эксплуатации такой системы. Особенно сильно это сказывается при масштабировании системы на большое количество источников / приемников видеосигнала.

Во многом причиной этих недостатков являются вычислительные процессы перекодирования информации, используемые при ретрансляции исходного видеосигнала.

Значительные возможности кардинального сокращения потребляемых вычислительных ресурсов заключаются в отказе от процессов перекодирования видеосигнала. Идея состоит в том, что потребителям передается видеосигнал в том же виде и в том же формате, в котором он приходит на видеоретранслятор.

В условиях нашей конкретной задачи для ретрансляции может использоваться протокол RFB [3], используемый в системе удаленного управления рабочими столами VNC.

Для реализации этой идеи необходим некий механизм получения (перехвата) трафика в исходном виде (как он приходит со станка на сервер). Также потребуется модуль, обеспечивающий взаимодействие клиентов с сервером ретрансляции по RFB-протоколу, включая все процедуры инициализации соединения и авторизации клиента (рис.).

Для получения трафика в исходном виде можно использовать два подхода: технику низкоуровневого перехвата трафика на уровне драйвера операционной системы (сниффинг) [4] и встраивание процедур перехвата входящего трафика в прикладные модули видеоприемника, работающего на сервере с последующей передачей его в ретранслятор по технологиям межпроцессного взаимодействия, например по именованному каналу (NamedPipe) [5].

Первый вариант с учетом имеющихся открытых библиотек реализующих сниффинг требует меньше программного кода. Также преимуществом этого подхода является исключение вмешательства в имеющееся ПО видеоприемника.

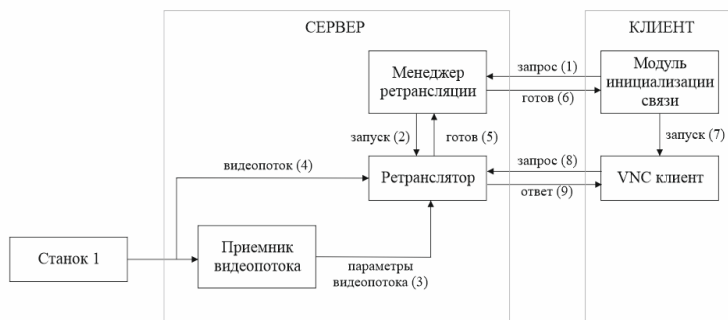


Рис. 2. Схема организации ретрансляции видеопотока без перекодирования сигнала

Второй вариант требует глубокую переработку ПО приемника и в целом бóльший объем программного кода и, соответственно, работ по кодированию и отладке данного решения.

Для практического экспериментального исследования были реализованы оба варианта.

Целью проведенного экспериментального исследования являлась оценка объемов вычислительных ресурсов, необходимых для работы каждого из рассмотренных методов, включая предложенные.

Оценки производились путем замеров потребляемых ресурсов на основе данных операционной системы, доступных в приложении «Диспетчер задач Windows».

В качестве источника типичного видеосигнала для всех экспериментов выступал учебный стенд с системой ЧПУ Sinumerik 840Dsl фирмы Siemens (рис. 3, а). На стенде была запущена на выполнение тестовая управляющая программа, которая обеспечивала типичную динамику изменения элементов изображения: координат осей станка, параметры подачи, оборотов шпинделя и исполняемых кадров программы (рис. 3, б). Разрешение экранного видеосигнала 640×480 пикселей. Глубина цвета 16 бит.

В роли сервера выступал ноутбук со следующими характеристиками: процессор Intel Core i7-4720HQ 2.60 ГГц, ОЗУ: 16 Гб, Сеть 1 Гб/сек, Windows 8 64бит. В роли клиента выступала виртуальная машина под управлением Windows XP, запущенная на этом же ноутбуке.



а б
Рис. 3. Учебный стенд с системой ЧПУ Sinumerik 840Dsl

Экспериментальные замеры работы традиционных методов проводились в двух широко распространенных программных системах, используемых для видеотрансляции с экранов ПК: VLCPlayer от сообщества VideoLAN [6] и система OBS Studio от Open Broadcaster Software [7]. Обе системы тестировались с двумя разными кодеками MPEG2 и MPEG4 как наиболее распространенными, используемыми для этих целей. Обе системы настраивались в соответствии с рекомендациями, представленными на официальных сайтах разработчиков систем.

Параметры кодирования видеосигнала при ретрансляции задавались следующие: разрешение экрана 640×480 пикселей, глубина цвета 16 бит, частота 10 кадров в секунду, аудиопотоки отключены.

Результаты замеров представлены в таблице.

Таблица 1. Результаты экспериментального исследования

Метод ретрансляции и кодирования видеосигнала	Средняя загрузка ЦП, %	Средний трафик, Кб/сек.	Объем ОЗУ, Мб	Задержка сигнала, сек.
VLCPlayer/MPEG2	15–20	1000	55	2
VLCPlayer / MPEG4	35–40	≈500	109	10
OBS / MPEG2	3–4	≈150	150	3
OBS / MPEG4	3–4	≈170	155	3
Sniffing TCP / RFB	2–4	≈10	3,6	< 1
NamedPipe / RFB	< 1	≈10	5,3	< 1

Как показали эксперименты, предложенные методы существенно выигрывают у стандартных средств по всем показателям. Процессорное время в 3-4 раза меньше, чем у ближайшего аналога. Трафик в 15 раз меньше. Объем ОЗУ в 30 раз меньше.

Эксперименты на боевом сервере видеомониторинга показали существенный рост потребляемого процессорного времени ретранслятором, реализованным на базе сниффинга. Причиной этого является необходимость распознавать и отфильтровывать нужный для ретрансляции трафик, идущий с выбранного станка среди всего объема сетевого трафика, проходящего через сервер, к которому подключено порядка 80 единиц оборудования. При этом реализация на базе именованных каналов такого негативного эффекта масштабирования не имеет.

Выводы

Таким образом, для решения актуальной задачи повышения эффективности методов ретрансляции видеосигналов систем управления технологическим оборудованием предложены методы видеоретрансляции, основанные на протоколе RFB, что исключает необходимость перекодирования видеосигнала.

Проведенные эксперименты показали, что предложенные методы существенно выигрывают у стандартных средств по всем показателям потребляемых вычислительных ресурсов.

При этом следует признать, что метод ретрансляции на основе сниффинга имеет существенный рост потребления процессорного времени при масштабировании системы.

Список литературы

1. Streaming media // Свободная энциклопедия Википедия. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Streaming_media (дата обращения: 04.04.2018).
2. Всё о сжатии данных, изображений и видео : сайт. URL: <http://www.compression.ru> (дата обращения: 04.04.2018).
3. Описание RFB-протокола v.3.3. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc6143> (дата обращения: 04.04.2018).
4. Анализатор трафика // Свободная энциклопедия Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Анализатор_трафика (дата обращения: 04.04.2018).
5. Именованный канал // Свободная энциклопедия Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Именованный_канал (дата обращения: 04.04.2018).
6. VideoLAN. URL: <https://www.videolan.org/> (дата обращения: 04.04.2018).
7. Open Broadcaster Software. URL: <https://obsproject.com/> (дата обращения: 04.04.2018).

И. С. Ельцов, студент
Е. Ф. Стукалина, кандидат технических наук, доцент
Кафедра «Защита информации в компьютеризованных системах»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Олимпиада формата CTF как полигон получения навыков в решении нестандартных задач в области информационной безопасности

Приведен опыт решения олимпиадного задания формата CTF из области стеганографии. Решение основано на анализе возможности передачи звука через изображение.

Ключевые слова: олимпиада, информационная безопасность, стеганография, изображение, спектрограмма звука.

I. S. Eltsov, Student
E. F. Stukalina, PhD in Engineering, Associate Professor
Department of Information Security in the Computerized Systems
Kalashnikov ISTU

CTF format Olympiad - as a training ground for skills in solving non-standard tasks in the field of information security

The article shows the experience of solving the olympiad assignment of the CTF format from the field of steganography. The solution is based on the analysis of the possibility of sound transmission through an image.

Keywords: olympiad, information security, steganography, image, spectrogram of sound.

На сегодняшний день проблема подготовки квалифицированных кадров в области IT-технологий стоит достаточно остро и затрагивает практически все секторы экономики. Олимпиады по программированию давно стали популярным и традиционным способом подготовки таких специалистов. Однако с ускорением темпа развития информационных технологий появляются новые направления и специальности подготовки IT-специалистов. В настоящее время такой относительно «новой» специальностью является специальность в области информационной безопасности. Подготовка специалистов в области информационной безопасности имеет свои особенности. Так, например, одно из направлений деятельности специалиста является не просто разработка или создание некоего продукта, а такая специфическая область, как противоборство в области IT-технологий. Конечно, тут

встает вопрос о партнере-противнике, времени и месте поединка. Частично решение этой проблемы можно найти в участии студентов в олимпиаде-поединке по проблемам информационной безопасности.

В настоящее время одним из наиболее популярных и широко распространенных форматов соревнований между специалистами по информационной безопасности являются CTF-соревнования (от английского Capture The Flag – захват флага) [1]. Самыми популярными являются два вида мероприятий:

1. Соревнования между командами, где одна команда выступает в роли защищающейся (например, защищает веб-сервер от атак), а другая пытается различными способами атаковать инфраструктуру, защищаемую первой командой.

2. Соревнования в форме Jeopardy, где участникам выдается постепенно обновляемый и дополняемый список задач для решения, где за каждую решенную задачу команда вознаграждается определенным количеством баллов.

С 2014 г. команда студентов ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, обучающихся по специальности «Информационная безопасность автоматизированных систем», принимает участие в проводимых в Приволжском федеральном округе соревнованиях VolgaCTF. В соревнованиях такого уровня участвуют команды со всего мира, что является дополнительным стимулом пробы своих сил студенческим командам нашего вуза. В олимпиадные соревнования формата CTF традиционно включаются задания на криптографические методы преобразования информации и web-уязвимость; reverse engineering – обратная разработка программ; Steganography & Forensic – стеганография и исследования в области компьютерных преступлений; PPC (Professional programming and coding) – различные задачи на программирование; Trivial – задачи на общую эрудицию в области информационной безопасности; Admin – задачи на администрирование сетей.

Далее рассмотрим подход, примененный к решению олимпиадного задания формата «стеганография» на соревнованиях VolgaCTF-2018 участником команды ИжГТУ имени М. Т. Калашникова.

Задания из категории «стеганография» встречаются практически на любом CTF-соревновании. Их суть состоит в том, чтобы найти скрытый текст (флаг) в каком-либо данном объекте, – фото, тексте, gif-анимации, видео, звуке и пр. Основных отличий от остальных заданий у этой категории два:

- 1) всегда отличаются оригинальностью. Даже решив десятки подобных заданий, вы не сможете быть готовы к новому, ведь каждый раз организаторы стараются придумать что-то оригинальное и нигде ранее не встречавшееся;

- 2) не требуют никаких базовых знаний в области информационной безопасности, в том числе и углубленных знаний программирования

Таким образом, можно заключить, что данный тип заданий прекрасно подходит для новичков – задания всегда интересные и нетрадиционные, что не даст заскучать, а также их решение не требует специализированных программ и навыков работы с ними.

В качестве примера можно привести задание, решенное участником команды на соревнованиях VolgaCTF-2018. В задании предоставлялось два с виду одинаковых изображения с названиями `left.png` и `right.png` соответственно. Одно из таких изображений приведено на рис. 1.

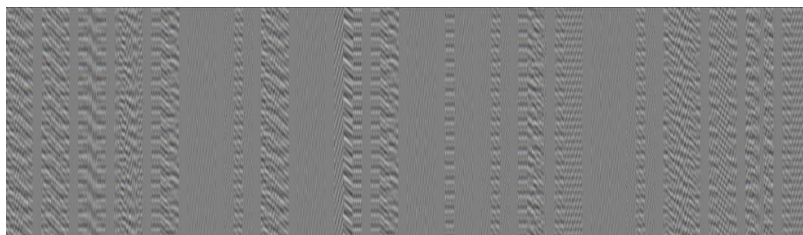


Рис. 1. Внешний вид исходного изображения

На первый взгляд изображение представляет собой абсолютно случайный набор серых полос. Однако если проанализировать информацию о возможностях передачи звука через изображение, то можно найти сведения о формате Raw [2]. В таком формате можно сохранить звук в различных аудио редакторах, например в Audacity. Затем с таким изображением можно работать в обычном графическом редакторе.

Участник команды пришел к выводу, что необходимо восстановить аудио из Raw-данных. Поскольку в исходных данных было дано две картинки (изображения), поэтому он склеил их в графическом редакторе, при этом повернул `left.png` против часовой стрелки, а `right.png` – по часовой. Затем получившееся изображение было импортировано в аудиоредактор Audacity, после чего удалось построить спектрограмму звука. Спектрограмма приведена на рис. 2.

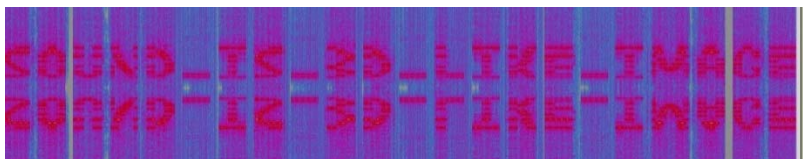


Рис. 2. Участок спектрограммы

На рисунке отчетливо видна фраза `SOUND_IS_3D_LIKE_IMAGE`. Именно она и являлась флагом. Вставив ее в поле ответа на сайте, участник соревнований получил сообщение, что задача решена верно.

Вывод

В заключение можно сказать, что задачи из раздела «стеганография» являются прекрасным способом начать свое знакомство с олимпиадами по информационной безопасности. Во-первых, они не требуют практически никаких специализированных знаний и могут быть решены новичками. Во-вторых, они весьма интересны и не дадут заскучать. В-третьих, подобные нестандартные задачи прекрасно тренируют и являются стимулом для изучения различных технологий IT-направления.

Список литературы

1. Все о CTF в России. URL: <http://www.ctfnews.ru> (дата обращения 14.04.2018).
2. Передача звука через картинки в соцсетях.
URL: <http://www.habr.com/post/187166/> (дата обращения 14.04.2018).

Р. Р. Гайнутдинов, студент
О. А. Пивоваров, студент
Р. В. Максимов, студент
Кафедра «Вычислительная техника»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Развитие виртуальных машин в ОС Android

Дается описание виртуальных машин ОС Android - Dalvik и ART. Описывается их логика работы, взаимодействие с файлами и системой, а также технологии компиляции JIT и AOT.

Ключевые слова: ART (Android RunTime), ОС (операционная система), Android, Dalvik, JIT-компиляция, AOT-компиляция.

R. R. Gajnutdinov, student
O. A. Pivovarov, student
R. V. Maksimov, student
Department of Computer Engineering
Kalashnikov ISTU

The development of virtual machines in Android OS

The description of virtual machines, Dalvik and ART, in OS Android. Their logic of operation, interaction with files and system, and also technologies of compilation JIT and AOT are described.

Keywords: ART (Android RunTime), OS (Operating System), Android, Dalvik, JIT-compilation, AOT-compilation.

Android – ОС, безусловно, очень быстроразвиваемая. Официально появившись в 2008 г., спустя всего 10 лет она распространилась и установлена на 85,1 % смартфонов рынка (согласно данным International Data Corporation на конец 2017 г.) [1].

Огромную популярность эта операционная система получила по многим причинам: открытость кода, универсальность, разнообразие смартфонов и техники, идущей с системой в комплекте. Большое количество обычных потребителей пользуются этой системой и получают удовольствие. Рекламодатели по достоинству оценивают преимущества и охват платформы. Разработчики, от любителей до профессионалов, пользуются возможностями тонкой настройки приложений и взаимодействий с системой.

Но та тема, которая поднимается в статье, не то чтобы пройдет мимо обычных обывателей. Нет, для них это будет выглядеть как обычное повышение производительности их устройств. А между тем обновление

Android 5.0 под названием Lollipop («Леденец на палочке») привнесло новшество, на которое незаслуженно мало обратили внимания. Да и пользователям, которым важны графический интерфейс и общее быстродействие, такие технические тонкости неинтересны. Но для разработчиков и системы в целом это новшество предопределило дальнейшее развитие системы. Благодаря ему приложения запускаются быстро и работают плавно. Речь идет о среде выполнения ART (Android RunTime), разработанной компанией Google в качестве замены старой регистрориентированной виртуальной машины Dalvik.

Dalvik

Dalvik – это виртуальная машина, созданная группой разработчиков Google во главе с Д. Борнштейном. Забавный факт: автор среды Дэн Борнштейн назвал её в честь места в Исландии – рыболовного порта Дальвик, откуда происходит часть его предков [2].

При разработке Google опирался на идеи Java VM (Java Virtual Machine) – другой виртуальной машины, принадлежащей Oracle, а сама машина была создана потому, что универсальная общественная лицензия (General Public License v2) не распространяется на младшую версию – Java Micro Edition, вследствие чего Google не может её использовать в своих устройствах. Можно считать, что Dalvik – это оптимизированная версия виртуальной машины Oracle, но мультизадачная и открытая для редактирования.

Dalvik VM предназначалась для запуска приложений на медленных процессорах и с относительно малым количеством оперативной памяти. Также оптимизировалась работа на операционных системах без места для своппинга и систем, установленных на портативных устройствах (для меньшего потребления заряда аккумулятора).

Основная проблема была с памятью: если взять гипотетическое устройство с 64Мб ОЗУ, то после запуска всех необходимых программ в устройстве оставалось всего 20 Мб под пользовательские приложения, из которых еще 10 Мб использовалось системными библиотеками.

Dalvik занимается тем, что сначала с помощью стандартного компилятора Java преобразует исходный код в байткод (в файл .dex) для интерпретации в виртуальной машине, а затем в исполняемый файл с расширением .odex для запуска. Файл с расширением .dex – ключевая особенность, которая и помогла добиться огромного выигрыша в памяти, при этом исходный код сжимается более чем в 2 раза и, как следствие, повышается производительность.

Суть файла с расширением .dex – это объединение констант и данных в общие группы. То есть различные типы данных, прототипы функций, атрибуты и сами функции из нескольких файлов классов складываются в общие

группы, а их данные – в один большой пул данных. Всё это объединяется в файле с расширением .dex. Любые повторы исключаются. Соответствующим объектам в группах присваивается идентификатор для обращения и исключения повторов. Таким образом сохраняется огромный объем памяти за счет общих групп для каждого типа данных (неявное присваивание типов), неявной маркировки с помощью идентификаторов и сокращения повторений.

При этом происходит экономия большого объема памяти внешнего запоминающего устройства, а не оперативной памяти. Всё это было предисловие для оптимизации использования оперативной памяти.

В Dalvik существует такое понятие, как *Zygote* (зигота). Зигота – это процесс виртуальной машины, который запускается во время загрузки системы, и предзагружает и прединициализирует основные классы приложений. Этот процесс может порождать своих потомков, которые являются полной копией родителя, через системный вызов `fork()`. Но зигота является не просто родительским процессом, который можно условно поделить на 3 части (рис. 1):

1. Куча зиготы – общая область памяти, заполненная мусором, если она не инициализирована, осуществлена по технологии *sour-on-write*, т. е. при чтении области данных используется общая копия, при изменении данных – создается новая копия.
2. .dex-файлы библиотек ядра ОС.
3. «Живые» библиотеки ядра ОС.

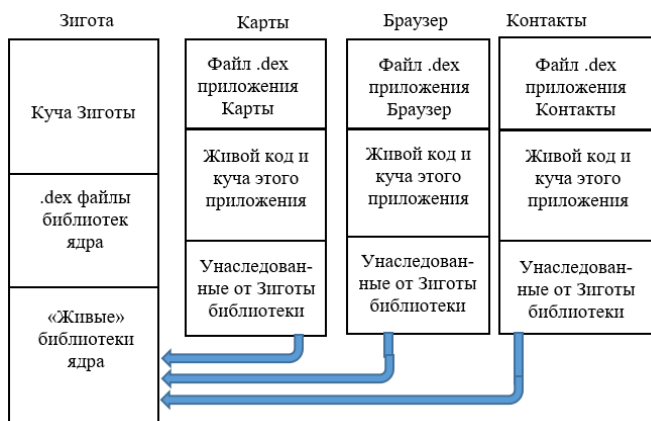


Рис. 1. Схема взаимодействия зиготы и приложений

«Живые» библиотеки ядра находятся в общей области памяти, но доступны только для чтения. Живые они потому, что используются не только зиготой, но и наследниками, т. е. обычными приложениями. Таким образом, выигрыш достигается уже и в оперативной памяти, так как не нужно инициализировать библиотеки для каждого отдельного приложения (см. рис. 1).

Также помимо проблем с ОЗУ существовала проблема производительности процессоров, которая решилась тем, что машину написали регистровой и без JIT-компиляции (Just-in-time).

Но прогресс не стоит на месте: производительность процессоров (в том числе и для мобильных устройств), увеличивалась, объем памяти рос, и в версии Android 2.2 была добавлена JIT-технология. JIT – это вид компиляции, берущий код и транслирующий его в форму, которая работает быстрее и делает всё это во время работы приложения. Для привязанного к центральному процессору коду это дало повышение производительности от 2 до 5 раз по сравнению с предыдущей версией Dalvik.

JIT-технология увеличивает производительность систем с байткодом. JIT читает байткод из некоторых или иногда из всех секторов и компилирует в машинный код. Сектором может являться файл, функция или вообще любой фрагмент кода в зависимости от реализации. Эта компиляция кэшируется и не требует перекомпиляции при повторном использовании.

Таким образом достигается высокая скорость выполнения программ, правда за счет увеличения потребления памяти и затрат времени на компиляцию, если это происходило впервые. Отдельно стоит заметить, что Борнштейн гордился двумя аспектами своей реализации: более меньшим потреблением памяти и тем, что многие реализации JIT улучшают производительность только спустя некоторое время после инициализации, тогда как Dalvik'овский JIT начинал работать моментально.

В таком виде Dalvik просуществовал вплоть до версии Android 4.4 Kitkat. В этой версии была возможность выбора среды выполнения между Dalvik и ART [4].

ART

Написанная специалистами Google среда выполнения ART (Android RunTime) продолжает дело Dalvik [3]. Перейти на ART пришлось из-за конфликта с Oracle, разбирательства по которому идут и по сей день [5].

В плане составления файлов в ART мало что поменялось. Практические изменения касаются работоспособности и компиляции. Основное нововведение – это AOT-компиляция (Ahead-of-time). AOT-компиляция значительно повышает производительность (согласно презентации Google от 50 до 300 %) и увеличивается время автономной работы. Независимый тест на

устройстве Nexus 5 показал, что время работы возросло с 345 до 471 мин (тест включал в себя непрерывное обновление страницы при работающем Wi-Fi). Так как JIT-компиляция не используется, то время автономной работы увеличивается только во время использования приложения, а не в простое.

Суть АОТ-компиляции, как и JIT-компиляции, отображена в названии. Ahead-Of-Time (AOT) буквально означает «опережая время». Во время установки приложения на устройство ART-компилятор активизируется и подключает утилиту dex2oat с библиотекой libart.so, которая принимает на вход файл с расширением .dex и создает уже скомпилированное приложение для устройства в виде исполняемого файла. После АОТ-компиляции результаты кэшируются в этом файле и используются в дальнейшем. Но также страдает время установки, и для скомпилированного кода необходимо больше физической памяти.

Dex2oat должен компилировать все допустимые файлы с расширением .dex без особой сложности. Однако из-за модификации сборщика мусора возникли так называемые проблемы с его адресацией, из-за которых те файлы, которые принимаются для компиляции Dalvik-машины, могут не подойти для компиляции ART'ом.

Помимо изменения работы компилятора изменился и сборщик мусора. В Dalvik он работал так, что временами тормозил систему. В ART'е же был значительно улучшен. Теперь процесс сборки мусора распараллеливается, и используется дополнительный сборщик для некоторых коротко живущих объектов, также он потребляет меньше памяти в простое.

Однако, несмотря на все преимущества АОТ-компилятора, JIT-компилятор не ушел в тень. ART обладает широким спектром настроек, и его можно дополнять различными системами. Как и поступили Google, начиная с версии Android 7.0 Nougat.

В этой версии ART настроен таким образом, что используется комбинация из АОТ- и JIT-компиляций и PGO-технологии. PGO (Profile-Guided Optimization) – буквально профилирующая оптимизация. Это такой метод оптимизации, который использует профилирование. А профилирование, в свою очередь, – это сбор характеристик программы (время выполнения отдельных фрагментов, число верно предсказанных условных переходов и т. д.) с помощью инструмента – профайлера. В отличие от традиционных способов оптимизации с помощью анализа исходного кода PGO анализирует характеристики при тестовых запусках, на которых определяется частота исполнения различных частей программ, и оптимизирует код.

Структура виртуальных машин представлена на рис. 2.

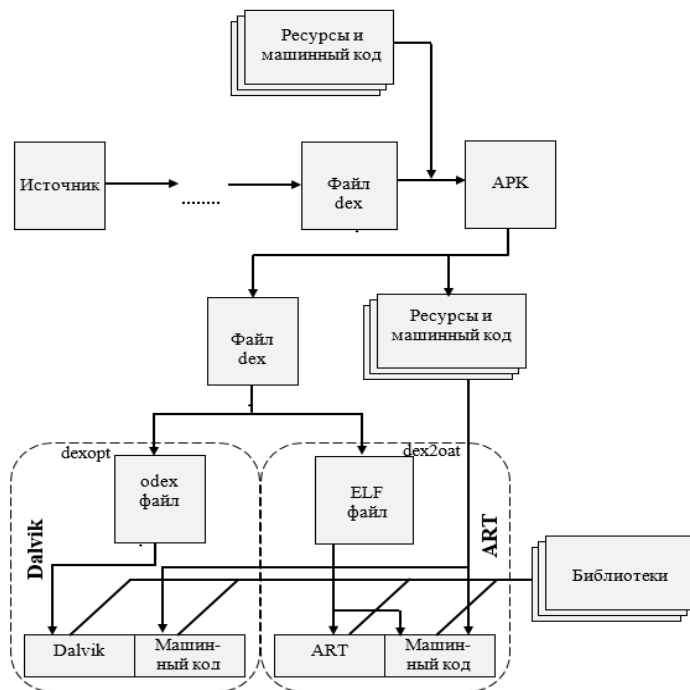


Рис. 2. Структура виртуальных машин: APK (Android Package Kit) – формат исполняемых файлов; ELF (Executable and Linkable Format) – формат двоичных файлов; dexopt – утилита, используемая для получения файла .odex путем оптимизации некоторых кодов операций

Возьмем для примерного разбора работы устройство от Google под названием Pixel. В этом смартфоне ART настроен следующим образом.

1. Приложение устанавливается без AOT, а первые несколько запусков оно интерпретируется и наиболее часто вызываемые методы компилируются с помощью JIT.
2. В простое или на зарядке демоны компиляции запускают AOT для кода, который чаще всего используется. Этот код и определяется профайлером.
3. В следующий запуск будет использован уже оптимизированный код без JIT-компиляции методов, которые уже были скомпилированы. Однако новые методы инициализируют JIT-компиляцию и будут добавлены в профиль для дальнейшей оптимизации.

Таким образом, с помощью комбинации методов компиляции, достигается хорошее быстродействие и оптимизация работы приложений.

Заключение

Android улучшается и его сердце – виртуальная машина – улучшается вместе с ним. Начиная с VM Dalvik, предназначенной для непроизводительных устройств, компания Google проделала огромную работу по улучшению своих разработок, в итоге создав еще более производительную машину ART, которая живет и развивается по сей день.

Список литературы

1. Анализ рынка смартфонов аналитической компании IDC.
URL: <https://www.ixbt.com/news/2018/02/28/po-slovam-idc-rynok-smartfonov-proshel-povorotnuju-tochku--v-2017-godu-rost-vpervye-smenilsja-sokrasheniem.html> (дата обращения: 15.03.2018).
2. Dalvik. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Dalvik> (дата обращения: 15.03.2018).
3. Android Runtime. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Android_Runtime (дата обращения: 15.03.2018).
4. Android от А до Я: ART – новая среда выполнения приложений на Android 4.4 KitKat (замена Dalvik). URL: <http://droidtune.com/11541/android-ot-a-do-ya-art-novaya-sreda-vypolneniya-prilozhenij-na-android-4-4-kitkat-zamena-dalvik.html> (дата обращения: 15.03.2018).
5. Языковые разногласия: Как Oracle и Google судятся из-за Java.
URL: <https://roem.ru/10-10-2016/231632/oracle-vs-google/> (дата обращения: 15.03.2018).

А. И. Вахрушев, магистрант
Д. В. Бутыльский, магистрант
И. Г. Корнилов, кандидат технических наук, доцент
Кафедра «Вычислительная техника»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Предварительное кодирование монохромного изображения с потерями и последующее сжатие методом Run Length Encoding на микроконтроллере в среде моделирования ISIS Proteus

Рассматривается реализация алгоритма кодирования с потерями монохромного изображения в среде моделирования ISIS Proteus. Такая предварительная подготовка происходит путем ухудшения детализации картинки. Практическое применение такого подхода состоит в экономии трафика по сетям передачи данных.

Ключевые слова: компрессия, изображение, кодирование, микроконтроллер.

A. I. Vahrushev, Master's Degree Student
D. V. Butylskiy, Master's Degree Student
I. G. Kornilov, PhD in Engineering, Associate Professor
Department of Computer Engineering
Kalashnikov ISTU

Monochrome image lossy precoding and further compression by Run Length Encoding method on microcontroller in ISIS Proteus simulation environment

The implementation of the algorithm for lossy coding of a monochrome image in the ISIS Proteus simulation environment is considered. This preconditioning is done by degrading the detail of the picture. The practical application of this approach is the use of traffic over data networks.

Keywords: compression; picture; coding; microcontroller.

Цифровое изображение даже с простой структурой, такой как монохромное, при хранении занимает большие объемы памяти. Даже в этом случае хранение и передача изображений является весьма трудоемкой задачей.

Существует целая группа монохромных изображений, таких как документы, чертежи, графики, медицинские данные и т. п., которые в случае передачи по сети Интернет или хранения в системе с множественным доступом целесообразно сжимать или кодировать [1, 2].

Большинство графических форматов в случае бинарного изображения указывают, какими цветами должны быть представлены при визуализации пиксели со значениями 0 и 1. Значение 0 условно называют задним планом или фоном (англ. background), а 1 – передним планом (англ. foreground).

Весьма эффективным методом кодирования таких изображений является метод кодирования длин серий (Run Length Encoding) [3]. Компрессия происходит за счет того, что в исходном изображении встречаются цепочки одинаковых байтов. Замена их на пары «счетчик повторений – значение» уменьшает избыточность данных.

Но этот метод перестает быть эффективным, когда в изображении очень часто встречаются единичные пиксели разного цвета, т. е. цепочка чередующихся черных и белых пикселей. Такая запись уже может иметь размер больше исходного изображения.

Чтобы укоротить запись длин серий, а тем самым и уменьшить вес сжатого файла, в данной статье предложено сначала обработать монохромное изображение методом предварительной подготовки изображения с потерями, которое уберет несущественную информацию.

Несущественной информацией будем называть единичный пиксель, выделяющийся своим цветом от остальных, как, например, белая точка на черном фоне. Для этого ограничимся в алгоритме одним проходом по строкам изображения и одним проходом по столбцам, инвертируя единичный пиксель фоновой цвета со значением 0 в значение 1, тем самым «закрасив» его.

Разработаем микроконтроллерную систему предварительного кодирования в среде моделирования ISIS Proteus.

Режим работы

Изображение подготавливается и конвертируется в монохромное для отображения на дисплее микроконтроллерной системы. Затем анализируется каждый пиксель изображения и в зависимости от цвета передается через виртуальный COM-порт 1 или 0. Микроконтроллер с помощью прерывания принимает последовательность единиц и нулей, записывает их на Flash-накопитель и выводит изображение на дисплей. Затем осуществляется обработка исходной последовательности (т. е. удаление избыточной информации из последовательности). Обработанное изображение записывается на накопитель и выводится на экран. По желанию при нажатии на кнопку «до» и «после» выводится соответствующее изображение.

Функции схемы:

1. Начальный запуск системы (инициализация).
2. Прием данных с приемника.
3. Обработка данных в соответствии с алгоритмом.

В соответствии с определенными выше функциями можно определить общую структуру системы.

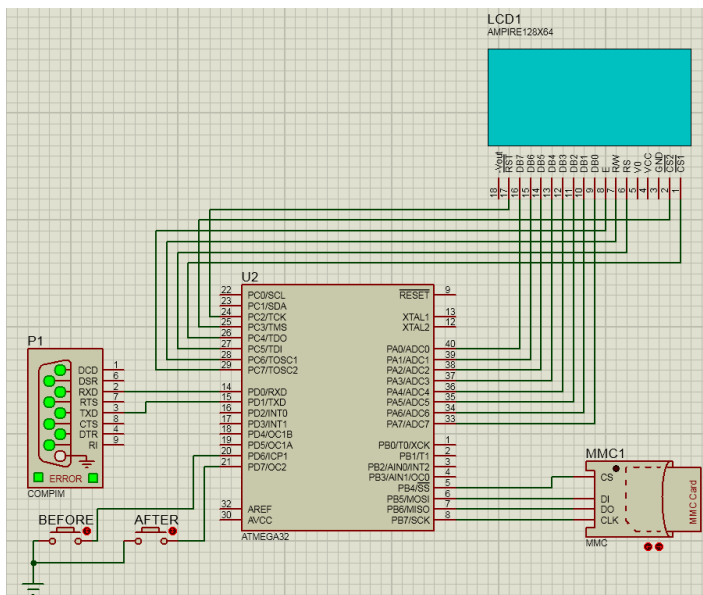


Рис. 1. Электрическая структурная схема микроконтроллерной системы в среде ISIS Proteus

Основные модули системы:

1. Atmega32 – 8-битный микроконтроллер, построенный на расширенной AVR RISC архитектуре [4].
2. AMPIRE 128x64 – монохромный жидкокристаллический дисплей с разрешением 128x64.
3. MultiMedia Card (MMC) – портативная флеш-карта памяти, используемая для многократной записи и хранения информации в портативных электронных устройствах.
4. COMPIM – виртуальный COM-порт, который передает информацию последовательно бит за битом.

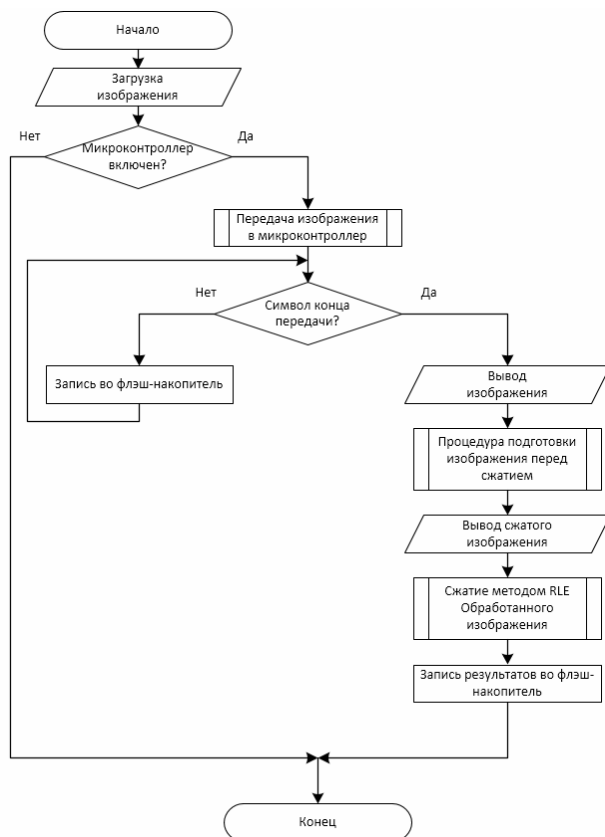


Рис. 2. Алгоритм работы системы



Рис. 3. Изображение «Цветок» до и после обработки

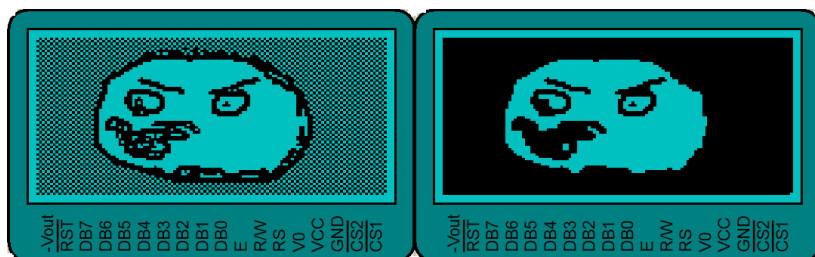


Рис. 4. Изображение «Смайлик» до и после обработки

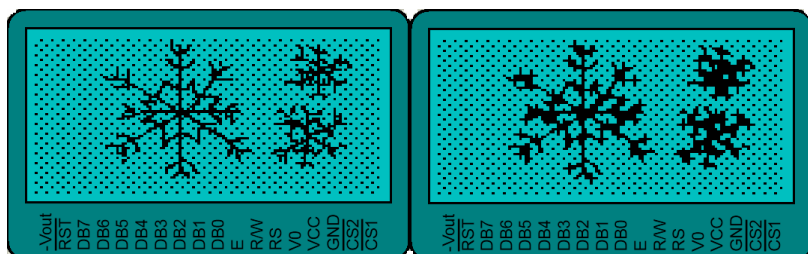


Рис. 5. Изображение «Снежинки» до и после обработки

Ниже приведена сводная таблица результатов размера файла данных при сжатии алгоритмом RLE для изображения без предварительного сжатия с потерями и со сжатием.

Таблица 1. Сравнение сжатия RLE с предварительной обработкой и без

Название изображения	Файл данных RLE до предварительной обработки изображения, байты	Файл данных RLE после предварительной обработки изображения, байты	Выигрыш от предварительной обработки изображения, %
«Цветок»	1086	753	31
«Смайлик»	1545	561	63
«Снежинки»	1329	928	30

Таким образом, разработана система предварительной обработки монохромного изображения с потерями для последующего кодирования методом RLE в более компактную форму записи файла. Размер такого файла позволяет экономить трафик при передаче по каналам связи, а также сокращать выделенный объем в системе хранения. Микроконтроллер прини-

мает исходную последовательность единиц и нулей, из которых формируется изображение, после чего микроконтроллер обрабатывает это изображение с незначительными потерями. Результатом станет выведенное в конце алгоритма программы обработанное для последующего кодирования изображение на дисплей, после чего оно будет сжато алгоритмом RLE. Результаты моделирования показывают, что разработанная микропроцессорная система функционирует правильно и выполняет поставленную для нее задачу.

Список литературы

1. *Александров, В. В.* Представление и обработка изображений / В. В. Александров, Н. Д. Горский. Л. : Наука, 1985. 192 с.
2. *Анисимов, Б. В.* Распознавание и цифровая обработка изображений / Б. В. Анисимов, В. Д. Курганов, В. К. Злобин. М. : Высш. шк., 1983. 295 с.
3. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео / Д. Ватолин, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин. М. : ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. 384 с.
4. *Прокопенко, В.С.* Программирование микроконтроллеров ATME1 на языке Си. МК-Пресс, 2012. 394 с.

Ю. А. Порсев, студент
К. О. Сабурова, студент
Е. А. Вахрушева, кандидат технических наук, доцент
Кафедра «Вычислительная техника»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Анализ перехода на унифицированный интерфейс расширяемой прошивки UEFI

Рассмотрены проблемы перехода от базовой системы ввода-вывода (Base Input-Output System, BIOS) [1] к унифицированному интерфейсу расширяемой прошивки (Unified Extensible Firmware Interface, UEFI), проанализированы достоинства и недостатки каждой системы в отдельности и опыт их использования.

Ключевые слова: персональный компьютер (ПК), операционная система (ОС), базовая система ввода-вывода (BIOS), унифицированный интерфейс расширяемой прошивки (UEFI).

Yu. A. Porsev, Student
K. O. Saburova, Student
E. A. Vakrusheva, PhD in Engineering, Associate Professor
Department of Computer Engineering
Kalashnikov ISTU

Analysis of going to unified extensible firmware interface UEFI

This article considers problems of transfer from the Base Input-Output System (BIOS) to the Unified Extensible Firmware Interface (UEFI), analyses using experiment, advantages and disadvantages of every system separately.

Keywords: personal computer (PC), operating system (OS), base input-output system (BIOS), unified extensible firmware interface (UEFI).

На сегодняшний день существует много различных версий операционных систем Windows, которые разрабатывались десятилетиями. Первые ОС были малофункциональны и примитивны, но они постепенно развивались, получали новый функционал, становились более стабильными, многозадачными, получили достойный графический интерфейс [2]. Произошли глобальные изменения. Также сильно изменились и сами компьютеры. Но есть и то, что за всё это время практически не менялось. Это BIOS.

Неоднократно говорилось, что в скором будущем произойдет переход к UEFI, а использование BIOS останется лишь в прошлом [3]. Так ли это на сегодняшний день? Попробуем разобраться.

Базовая система ввода-вывода

BIOS – набор микропрограмм, которые записаны на специальной микросхеме в материнской плате, они обеспечивают первоначальный запуск компьютера и инициализацию оборудования. Основные производители BIOS – AMI (American Megatrends), Award Software и Phoenix Technologies [4]. Интерфейс BIOS приведен на рис. 1.

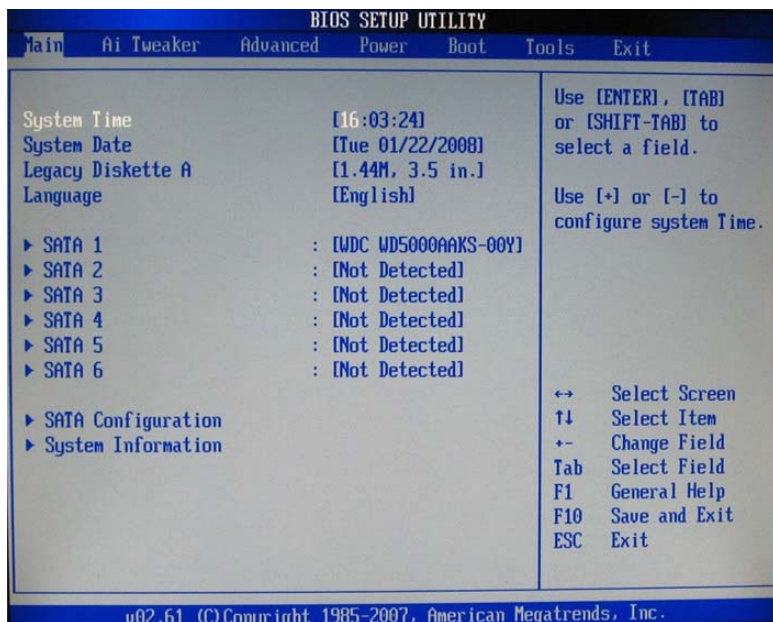


Рис. 1. Главное окно программы настройки BIOS

Первоначальный запуск компьютера состоит из проведения самотестирования при помощи диагностической программы POST (Power On Self Test). Если в процессе тестирования обнаружится аппаратная или программная неисправность, то BIOS выдаст текстовое сообщение об ошибке на экран монитора или прозвучит соответствующий звуковой сигнал. Если никаких отклонений не выявлено и на ПК имеется спикер, можно услышать 1 короткий звуковой сигнал, свидетельствующий об успешном завершении тестирования оборудования ПК, далее продолжается загрузка ОС [4].

BIOS просуществовала вне конкуренции более двадцати лет, пока не появилась необходимость замены его на что-то принципиально новое. Дело в том, что со временем менялись технологии изготовления оборудования,

вследствие чего возможностей текущей версии BIOS было недостаточно, но в свою очередь необходимо оставить поддержку и более старого оборудования. Поэтому нужно было усложнять код BIOS. Таким образом, если на начальных этапах код BIOS был достаточно простым, то через некоторое время он стал сложным и устаревшим [5].

С середины 90-х гг. XX в. встал вопрос о недостатке возможностей BIOS для мощных серверных платформ. Поэтому для первых систем Intel-HP Itanium была разработана новая технология, которая получила название Intel Boot Initiative. Немного позже название было заменено на Extensible Firmware Interface (EFI) [6].

Первой официальной версией стала EFI 1.02, которая вышла 12 декабря 2000 г. А в 2005 г. несколько компаний сформировали союз под названием Unified EFI Forum (UEFI Forum), а технология получила название UEFI. В состав UEFI Forum вошли такие крупные компании как AMD, Apple, Dell, HP, American Megatrends, IBM, Intel, Lenovo, Insyde Software, Microsoft и Phoenix Technologies [6].

Чем UEFI лучше обычного BIOS и каковы отличия

Unified Extensible Firmware Interface – унифицированный интерфейс расширяемой прошивки, который создает связь компонентов компьютера и операционной системы (рис. 2). UEFI по своей сущности тот же BIOS, но несколько улучшенный. UEFI выполняет те же функции, что и стандартный BIOS, т. е. проводит проверку, инициализирует оборудование, ищет загрузчик и передает управление ОС. Но в UEFI присутствуют некоторые дополнения [4].

Основные преимущества UEFI перед BIOS

1. Затрачиваемое время на загрузку меньше. Это происходит из-за того, что в UEFI инициализация компонентов происходит параллельно, нежели в BIOS, где она происходит последовательно. Еще одним немаловажным фактором является использование драйвера UEFI, т. е. операционной системе нет необходимости загружать свои собственные драйверы (рис. 3). Например, если нет жестких требований к графической подсистеме, тогда есть возможность использования драйверов, предлагаемых UEFI [4].

2. Возможность производить загрузку с дисков, объем которых составляет более 2 ТБ. Это преимущество достигнуто в UEFI за счет использования GPT.

GPT (Guid Partition Table) – это новый стандарт формата размещения разделов на физическом жестком диске, который позволяет адресовать 9 ЗБ (зеттабайт). В BIOS же для загрузки использовалась главная загрузочная запись MBR (Main Boot Record), которая может адресовать только 2 Тб дискового пространства [4].



Рис. 2. Главное окно программы настройки UEFI

3. В UEFI имеется графический интерфейс, который поддерживает работу с компьютерной мышью. Также в UEFI имеются некоторые встроенные программы, например браузер. Таким образом, UEFI не только обеспечивает интерфейс между операционной системой и аппаратными компонентами ПК, но и представляет собой некое подобие загрузочного диска [4], когда операционная система загружается со сменного носителя и не требует для своего функционирования установки на жёсткий диск [7].

4. Реализована поддержка криптографии и некоторые дополнительные методы защиты [4].



Рис. 3. Схема загрузки BIOS и UEFI

Заменит ли UEFI полностью BIOS

Спецификации UEFI определяют интерфейс, а BIOS относится к конкретной реализации прошивки, которая инициализирует платформу и загружает настройку ОС [8].

UEFI не полностью заменяет BIOS. UEFI использует отдельный интерфейс для сервисов загрузки и служб времени выполнения, но не определяет, как реализованы самотестирование (POST) и настройка Power-On. Однако некоторые прошивки платформ должны выполнять эти важные функции. Поскольку UEFI является интерфейсом, как следует из названия, он может быть реализован «поверх» традиционного BIOS [8].

Когда материнская плата, HDD, SSD и пр. запускаются, они загружают свою прошивку. Для материнских плат ПК есть три подобных системы: BIOS, UEFI, Coreboot, каждый из них автономный [8].

В итоге ответить на вопрос, имеется ли система, которая содержит исключительно UEFI, можно так: «Да, имеется, это почти любая современная система» [8].

Еще одна проблема в том, что многие реализации UEFI поставляются с модулем CMS (Compatibility Support Module), который эмулирует те же функциональные возможности, что и предлагаемая прошивка BIOS. Но это все еще другой продукт. В итоге возникает вопрос, достаточно ли проверки аппаратного обеспечения интерфейсом UEFI [8].

В конечном итоге BIOS по-прежнему используется и делает то же самое, что и последние 25 лет, т. е. гарантирует, что операционная система сможет загрузиться. Технология BIOS никогда не предусматривала современного разнообразия аппаратной части ПК. BIOS по-прежнему ограничен 16-битным интерфейсом, программными прерываниями, маршрутизацией прерываний, таймерами максимальной точности, исполняемым пространством ROM (1 Мбайт), ограниченным числом инициализируемых устройств (что критично для серверной сферы), отсутствующей модульностью. И это только часть проблем [9].

Для некоторых производителей материнских плат переход на новый системный интерфейс является не очень актуальным, они по-прежнему используют BIOS. Возможно, это объясняется тем, что дополнительная работа, связанная с таким переходом, достаточно сложная и трудозатратная [9].

Исходя из вышеперечисленных фактов, можно сделать вывод, что полноценный переход с BIOS на UEFI пока не планируется. А может это потому, что UEFI также имеет свои недостатки, которые необходимо еще решить?

Недостатки UEFI

UEFI имеет существенные недостатки.

1. Самый большой и перекрывающий все преимущества недостаток – усложнение структуры кода, что заключается в значительном увеличении его объема и трудоемкости разработки [5].

2. Опция Secure boot. Данная система безопасности решила сразу несколько проблем: частично исключается пиратство, путем внедрения активаторов в этапы загрузки, исключается возможность получения вредоносного кода (вирусов) стадии загрузки и остается возможность установки устаревших операционных систем. На самом деле ввиду неотключаемой опции Secure Boot есть возможность установить операционную систему Windows версий 8+, поскольку на данный момент только они имеют сертифицированные загрузчики. Хотя Microsoft отрицает подобную ситуацию. Единственное решение – отключение данной опции [5].

3. Отступление от стандарта. Каждый производитель аппаратных компонентов перестраивает UEFI на свой взгляд, что создает определенные неудобства пользователю [5].

4. Внедрение средств контроля контента. Стандарт UEFI предусматривает существование неких драйверов, которые могут перехватывать вызовы операционной системы. По сути пользователю, у которого всё работает, предоставляется возможность за его же счет установить такое программное обеспечение или оборудование, чтобы часть функций в его системе более не работала привычным образом. Существуют небезосновательные опасения, что создание UEFI – это завуалированный способ введения в ПК нежелательных для конечного пользователя функций и модулей. При загрузке с помощью UEFI невозможно гарантировать, что операционная система на 100 % контролирует компьютер [5].

Большинство современных аналитиков в этой области предполагают, что со временем UEFI полностью заменит собой BIOS [4]. Однако в ходе проведенного анализа были выявлены значительные недостатки UEFI, которые могут повлиять в конечном итоге на его распространение. На сегодняшний день до сих пор существуют в большом количестве ПК, использующие BIOS, в то время как с внедрения первых версий UEFI прошел далеко не один год. Таким образом, можно сделать вывод, что если UEFI и заменит собой BIOS, то не в самое ближайшее время.

Список литературы

1. *Гордеев, А. В.* Операционные системы : учебник для вузов. 2-е изд. СПб. : Питер, 2007. 416 с. : ил.
2. BIOS и UEFI. В чем между ними разница? URL: http://setupcomp.ru/BIOS_i_UEFI_v_chem_mezhdu_nimi_raznica.html (дата обращения: 12.02.2018).
3. *Башкиров, Д. В.* Переход с базовой системы ввода-вывода на UEFI / Д. В. Башкиров, Д. С. Захаров, Е. А. Вахрушева // Информационные технологии в науке, промышленности и образовании : сб. тр. регион. науч.-техн. очно-заоч. конф. / науч. ред. В. А. Куликов. Ижевск : Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2012. С. 20–25.
4. Чем UEFI лучше BIOS и каковы отличия.
URL: http://novaforces.com/it/uefi_bios_comparison (дата обращения: 15.02.2018).
5. UEFI – унифицированный расширяемый микропрограммный интерфейс.
URL: <http://datadump.ru/uefi> (дата обращения: 22.02.2018).
6. Что такое UEFI. URL: <http://comp-security.net/что-такое-uefi> (дата обращения: 22.02.2018).
7. Live CD: автономная операционная система.
URL: <https://programka.net/windows/live-cd> (дата обращения: 30.03.2018)
8. Все спецификации UEFI полностью заменяют BIOS?
URL: <http://bilee.com/uefi-x4.html> (дата обращения: 15.02.2018).
9. Прощаемся с BIOS, встречаем UEFI.
URL: <http://www.thg.ru/mainboard/uefi/index.html> (дата обращения: 19.02.2018).

Д. С. Аверин, магистрант
Кафедра «Программное обеспечение»
Е. М. Марков, кандидат технических наук, доцент
Кафедра «Вычислительная техника»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Разработка структуры нейронной сети для увеличения разрешения изображения

Рассмотрено применение сверточных нейронных сетей для увеличения разрешения изображений тепловизора. Производится сравнение результатов применения нейронных сетей с различными параметрами структуры с ИК-изображениям. Были обучены нейронные сети на основе модели SRCNN на наборе данных LTIR. Исследовались показатели PSNR, SSIM при увеличении изображения в 3 и 4 раза.

Ключевые слова: суперразрешение, сверточные нейронные сети, ИК-изображение.

D. S. Averin, Master's Degree Student
Department of Software
E. M. Markov, PhD in Engineering, Associate Professor
Department of Computer Engineering
Kalashnikov ISTU

Development of the neural network structure for increasing the image resolution

This article describes the use of convolutional neural networks to increase the resolution of images of the thermal imager. The results of application of neural networks with different parameters of the structure to IR images are compared. Have been trained neural network model-based SRCNN on the LTIR data set. We used metrics PSNR, SSIM with upscale factor in 3 and 4.

Keywords: super-resolution, convolutional neural network, IR image.

На данный момент весьма актуальна задача повышения надежности распознавания объектов на изображении тепловизора. Стоимость тепловизора довольно высока, а размеры его матрицы значительно меньше большинства обычных камер. Способность распознавания объектов на изображении напрямую зависит от его разрешающей способности.

Тепловизор широко применяется в военной отрасли, охранных системах. Критически важно быть уверенными, на каком расстоянии тепловизор сможет устойчиво определять потенциальные угрозы. Дистанцию обнаружения

цели в тепловидении принято также называть радиусом действия прибора. Правильное определение радиуса требует весьма сложного моделирующего расчета. Среди факторов, которые необходимо учесть в ходе вычислений, – тип камеры и объектива, характер и размеры объектов, которые, возможно, предстоит обнаруживать, погодные условия, а также разрешение, которого должно быть достаточно, чтобы «разглядеть» цель.

В данной статье рассматриваются программные методы повышения разрешения изображения тепловизионной камеры с помощью нейронных сетей.

Одной из популярных моделей нейронных сетей, позволяющих повышать разрешающую способность изображения, является Super Resolution Convolutional Neural Network (SRCNN) [1]. SRCNN является сверхточной нейронной сетью, состоящей из трех сверточных слоев. Структура сети представлена на рис. 1.

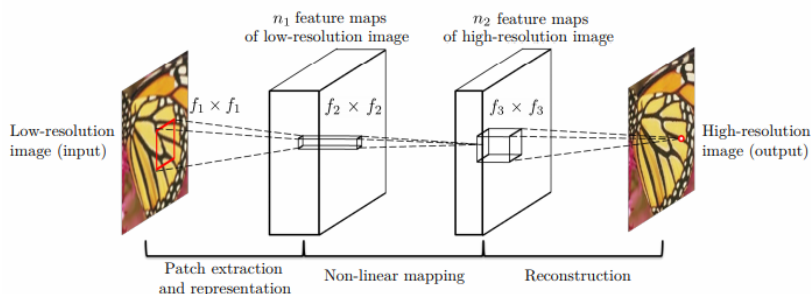


Рис. 1. Структура нейронной сети SRCNN

В данной нейронной сети сначала необходимо увеличить разрешение входного изображения до желаемого, используя бикубическую интерполяцию, которая является единственной предварительной обработкой, которую мы выполняем. Обозначим интерполированное изображение как Y . Наша цель – восстановить из Y изображение $F(Y)$, которое как можно более похоже на изображение высокого разрешения X . $X, Y \in R^{c \times w \times h}$, где c – количество цветовых каналов изображения, в нашем случае это 1; w – высота изображения; h – ширина изображения.

Первый слой выражается операцией F_1 :

$$F_1(Y) = \max(0, W_1 * Y + B_1), \quad (1)$$

Здесь $*$ – операция свертки; W_1 соответствует n_1 фильтров размера $c \times f_1 \times f_1$, где c – количество каналов входного изображения; f_1 – размер фильтра; B_1 – n_1 -мерный вектор смещения, каждый элемент которого связан с фильтром. Выход состоит из n_1 карты признака размера $w \times h$, где w – высота входного изображения; h – ширина входного изображения. Мы применяем Rectified Linear Unit [2] (ReLU, $\max(0, x)$) на выходе фильтров. $n_1, c, f_1 \in R$, $W_1 \in R^{n_1 \times c \times f_1 \times f_1}$, $B_1 \in R^{n_1}$.

Работа второго слоя представляется следующей формулой:

$$F_2(Y) = \max(0, W_2 * F_1(Y) + B_2), \quad (2)$$

где W_2 включает n_2 фильтров размера $n_1 \times f_2 \times f_2$; B_2 – n_2 -мерный вектор; $n_2, f_2 \in R$, $W_2 \in R^{n_2 \times n_1 \times f_2 \times f_2}$, $B_1 \in R^{n_2}$.

Работа третьего слоя описывается формулой

$$F(Y) = W_3 * F_2(Y) + B_3, \quad (3)$$

где W_3 представляет собой c фильтров размера $n_2 \times f_3 \times f_3$; B_3 – c -мерный вектор смещения; $f_3 \in R$, $W_3 \in R^{c \times n_2 \times f_3 \times f_3}$, $B_1 \in R^c$.

Выход состоит из c карт признаков и является восстановленным изображением.

Для обучения нейронной сети требуется рассчитать параметры сети $\theta = \{W_1, W_2, W_3, B_1, B_2, B_3\}$. Это достигается при минимизации ошибки между восстановленным изображениями $F(Y; \theta)$ и X изображением высокого разрешения, которое мы ожидаем получить на выходе. Даны набор изображений высокого разрешения $\{X_i\}$ и соответствующие им набор изображения низкого разрешения $\{Y_i\}$. Мы используем метод среднеквадратичного отклонения (MSE) в качестве функции ошибки:

$$L(\theta) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \|F(Y_i; \theta) - X_i\|^2, \quad (4)$$

где n – количество изображений $n \in N$.

Минимизация ошибки выполняется с использованием стохастического градиентного метода с использованием стратегии обратного распространения ошибки. Веса матриц обновляются по следующим формулам:

$$\Delta_{i+1} = 0,9 \cdot \Delta_i - \alpha \frac{\partial L}{\partial W_{i+1}^l}; W_{i+1}^l = W_i^l + \Delta_{i+1}, \quad (5)$$

где $l \in \{1,2,3\}$ – номер слоя; i – номер итерации, $i \in N$; α – скорость обучения, $\alpha \in R$.

Мы обучили несколько нейронных сетей для выбора гиперпараметров n_1, n_2, f_1, f_2, f_3 . Обучение происходило на наборе данных LTIR [3]. Изображения данного набора были разбиты на фрагменты размера 33×33 со смещением в 14 пикселей. Обучение происходило непосредственно на данных фрагментах, а не на полноценных изображениях.

Для оценки результатов работы нейронных сетей были применены показатели PSNR и SSIM [4].

PSNR – peak signal-to-noise ratio, наиболее часто используется для измерения уровня искажений при сжатии изображений. Данный показатель для двух монохромных изображений I и K размера $m \times n$, одно из которых считается зашумленным приближением другого, вычисляется по следующей формуле:

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right), \quad (6)$$

где MSE рассчитывается как

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} |I(i, j) - K(i, j)|^2, \quad (7)$$

Индекс структурного сходства (SSIM от англ. *structure similarity*) – метод измерения схожести между двумя изображениями путем полного сопоставления. Отличительной особенностью метода в отличие от MSE и PSNR является то, что он учитывает «восприятие ошибки» благодаря учету структурного изменения информации. Идея заключается в том, что пиксели имеют сильную взаимосвязь, особенно когда они близки пространственно. Данные зависимости несут важную информацию о структуре объектов и о сцене в целом.

Вычисляется по следующей формуле:

$$SSIM(x, y) = \frac{(2\mu_x\mu_y + c_1)(2\sigma_{xy} + c_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + c_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + c_2)}, \quad (8)$$

где μ_x – среднее x ; μ_y – среднее y ; σ_x^2 – дисперсия x ; σ_y^2 – дисперсия y ; σ_{xy} – ковариация; $c_1 = (k_1 L)^2$; $c_2 = (k_2 L)^2$; L – динамический диапазон пикселей $(2^{(bit_per_pixel)} - 1)$; k_1, k_2 – константы 0,01 и 0,03 соответственно.

Величина PSNR сама по себе мало что говорит о различии изображений, и, как правило, применяется для сравнения методов сжатия или увеличения разрешения. Чем больше PSNR, тем больше сходство с оригиналом. SSIM принимает значение от -1 до 1 ; чем ближе к 1 , тем больше сходство с оригиналом.

Для тестирования работы сетей использовались наборы данных Set5 [5] и Set14 [6].

Для выбора количества фильтров n_1 и n_2 были построены три нейронные сети. Размеры фильтров установим $f_1 = 9$, $f_2 = 1$ и $f_3 = 5$. Коэффициент увеличения изображения равен 3. Каждая сеть была обучена в течение 50 эпох. Применялась кросс-валидация [2]. Обучение и тестирование проводились на компьютере с видеокартой Nvidia GTX 960 4Gb и процессором i5 4440. Результаты работы сетей на наборе данных Set5 приведены в табл. 1.

Лучшее качество показывает первая сеть с $n_1 = 128$ и $n_2 = 64$, но она самая медленная. Разница между второй и третьей по PSNR и SSIM очень маленькая, а время у 3-й значительно меньше; поэтому если требуется быстрая нейронная сеть, то лучше выбрать третью. Мы выбрали первую, так как она показывает лучшее качество.

Таблица 1. Сравнение нейронных сетей с различным количеством фильтров на наборе данных Set5 с коэффициентом увеличения 3

Показатель	1: $n_1 = 128, n_2 = 64$	2: $n_1 = 64, n_2 = 32$	3: $n_1 = 32, n_2 = 16$
PSNR (дБ)	31,069	30,325	30,277
SSIM	0,887	0,875	0,874
Время на обработку всего набора, сек.	1,426	1,153	1,005

Далее сравним сети с различными размерами матриц фильтров f_1 , f_2 , f_3 . Результаты работы сетей показаны в табл. 2.

Таблица 2. Сравнение нейронных сетей с различными размерами матриц фильтров на наборе данных Set5 с коэффициентом увеличения 3

Показатель	1: $f_1 = 9$, $f_2 = 1, f_3 = 5$	2: $f_1 = 5$, $f_2 = 1, f_3 = 5$	3: $f_1 = 9$, $f_2 = 1, f_3 = 3$	4: $f_1 = 9$, $f_2 = 3, f_3 = 3$	5: $f_1 = 9$, $f_2 = 3, f_3 = 5$
PSNR (дБ)	31,069	30,328	30,479	30,651	30,636
SSIM	0,887	0,876	0,878	0,883	0,883
Время на обработку всего набо- ра, сек.	1,426	1,607	1,221	1,598	1,861

Как видно из результатов, лучший показатель у первой модели с $f_1 = 9$, $f_2 = 1$ и $f_3 = 5$. А самой быстрой оказалась третья модель.

В результате получаем нейронную сеть с гиперпараметрами $n_1 = 128$, $n_2 = 64$, $f_1 = 9$, $f_2 = 1$ и $f_3 = 5$. Протестируем получившуюся сеть на наборах данных Set5 и Set14 и сравним с результатами от применения бикубической интерполяции при увеличении в 3 и 4 раза. Результаты приведены в табл. 3 и 4.

Таблица 3. Результаты тестирования SRCNN и бикубической интерполяции на наборе данных Set5

Показатель	Увеличение	Бикубическая интерполяция	SRCNN
PSNR (дБ)	3	29,060	31,069
	4	27,103	27,643
SSIM	3	0,854	0,887
	4	0,791	0,807

Таблица 4. Результаты тестирования SRCNN и бикубической интерполяции на наборе данных Set14

Показатель	Увеличение	Бикубическая интерполяция	SRCNN
PSNR (дБ)	3	26,065	27,177
	4	24,538	24,971
SSIM	3	0,756	0,792
	4	0,680	0,699

Из результатов видно, что по всем показателям SRCNN выигрывает у бикубической интерполяции.

Заключение

Мы рассмотрели применение сверточной нейронной сети SRCNN к ИК-изображениям. Обучили несколько сетей с различными гиперпараметрами сети. По показателям PSNR и SSIM выбрали оптимальные параметры. Данная нейронная сеть может быть использована как отдельный модуль постобработки в тепловизионных камерах.

Список литературы

1. *Dong, C., Loy, C. C., He, K., Tang, X.* Learning a Deep Convolutional Network for Image Super-Resolution. In: European Conference on Computer Vision, 2014, pp. 184-199.
2. *Гудфеллоу, Я.* Глубокое обучение / Я. Гудфеллоу, И. Бенджио, А. Курвилль ; пер. с англ. А. А. Слинкина. 2-е изд., испр. М. : Пресс, 2018. 652 с. : цв. ил.
3. *Berg, J. Ahlberg, and M. Felsberg,* A thermal object tracking benchmark, in Proc. 12th IEEE Int. Conf. Adv. Video Signal Based Surveill. (AVSS), Aug. 2015, pp. 1-6.
4. *Wang, Z., Bovik, A. C., Sheikh, H. R. and Simoncelli E. P.* Image quality assessment : From error visibility to structural similarity. IEEE Transactions on Image Processing, 2004, 13(4), pp. 600-612.
5. *Bevilacqua, M., Roumy, A., Guillemot, C. and Alberi-Morel, M. L.* Low-complexity single-image super-resolution based on nonnegative neighbor embedding. BMVC, 2012.
6. *Zeyde, R., Elad, M. and Protter, M.* On single image scale-up using sparse-representations. In Curves and Surfaces. Springer, 2012, pp. 711-730.

К. В. Стати, магистрант
Р. И. Надиров, магистрант
И. Г. Корнилов, кандидат технических наук, доцент
Кафедра «Вычислительная техника»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Организация обмена данными между серверной частью и клиентским приложением на android и ios

Рассмотрены принципы взаимодействия клиентских приложений, разработанных для портативных устройств на базе операционных систем android и ios и серверной частью под управлением HTTP-сервера Apache и интегрированной СУБД MySQL.

Ключевые слова: сервер, клиент, базы данных, парсинг, php, mysql, json-запрос, мобильное приложение, расписание занятий сайт.

K. V. Stati, Master's Degree Student
R. I. Nadirov, Master's Degree Student
I. G. Kornilov, PhD in Engineering, Associate Professor
Department of Computer Engineering
Kalashnikov ISTU

Organization of data exchange between the backend and the client application on android and ios

The article describes the principles of interaction between client applications developed for handheld devices based on operating systems android and ios and a server part running HTTP server are integrated MySQL.

Keywords: server, client, database, parse, php, mysql, json-request, mobile application, class schedule, website.

Своевременное оповещение студентов об учебном процессе является одной из проблем администрации учебной части, преподавателей и администрации вуза. Для решения данной проблемы был разработан сайт для просмотра расписания.

Анализ статистических данных сайта показал, что просмотры расписания чаще происходят с мобильных устройств, чем с персональных компьютеров. Несмотря на то, что сайт просмотра расписания имеет адаптивный дизайн, с его помощью нельзя отправлять уведомления пользователям, поэтому чтобы узнать об изменениях в расписании или об объявлении, необ-

ходимо посетить сайт. В связи с этим было принято решение создать мобильные приложения для наиболее распространенных ОС, так как это позволит реализовать функции, которые невозможно реализовать на сайте.

Таким образом, после создания приложения, появилась возможность не только просматривать расписание, но и своевременно получать публикуемую информацию с сайта, а также добавлять личные заметки.

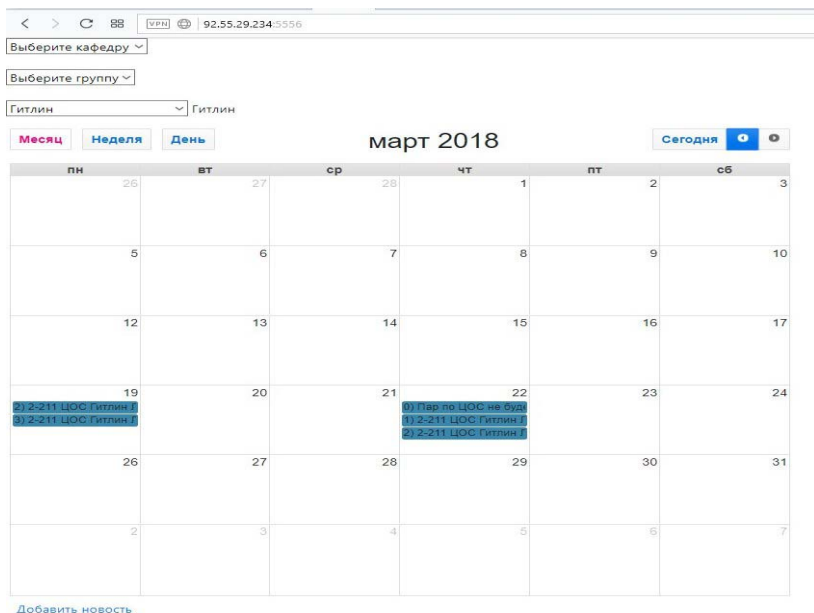


Рис. 1. Сайт для просмотра расписания

Рассмотрим структурную схему разработанной распределенной системы для просмотра расписания занятий (рис. 2).

Как видно на схеме, связь между Web-сервером и базой данных MySQL осуществляется посредством SQL-запросов. Такой способ обмена данными между БД и мобильным приложением невозможен, но существуют следующие способы решения.

Обмен непосредственно с сервером. Со стороны сервера нужно дополнительное приложение, к которому будут подключаться клиенты. Это будет комплекс программ (модулей) состоящий из двух частей – клиентской и серверной. Серверная часть является «главной», это так называемый командный пункт, на который возложена задача поддержания связи со всеми

клиентами и запросами к главной БД. Клиентская же часть является второстепенной, но не менее важной, так как является важным и связующим элементом между пользователем и БД. (Прмер Парсера на Delphi. URL: <http://basicsprog.ucoz.ru/publ/9-1-0-30> (дата обращения: 1.12.17))

Клиентские приложения подключаются к серверному приложению и отправляют ему запросы. Серверное же приложение отправляет запросы к БД.



Рис. 2. Структурная схема распределенной системы для просмотра расписания занятий

Минусы:

- дополнительная нагрузка на сервер. Затрата на разработку серверного приложения и организации связи с БД. Возможно ограничение на количество подключенных одновременно пользователей.

Json-запросы. В клиентское приложение загружается информация из БД путем GET-запроса (используя функцию URL.Get) в PHP-скрипт. При этом в качестве запроса передается строка следующего вида:

`http://адрес_сервера"/скрипт".php/"критерии_поиска"="запрос_на_поиск"`

После этого PHP-скрипт соединяется с БД и передает в нее SQL-запрос. На следующем этапе происходит генерация SQL-выборки и пересылка ее в PHP-скрипт. Затем PHP-скрипт, используя метод `json_encode()`, конвертирует полученные данные в JSON-массив и пересылает его в приложение. В приложении осуществляется парсинг (синтаксический разбор) JSON-массива и вывод результата на дисплей.

- затраты на разработку серверного PHP-скрипта, организацию запросов к БД. В случае json-запросов необходимо реализовывать запросы и ответы на стороне сервера, в случае же парсинга сайта этого делать не требуется.

Для реализации обмена данными между мобильным приложением и БД, расположенной на сервере необходимо сделать PHP прослойку, где нужно будет принимать Get-запросы от клиента, отправлять SQL-запросы, делать выборку и преобразовывать результат в JSON и отправлять ответ клиенту.

Парсинг сайта. Парсинг – автоматизированный сбор контента или данных с какого-либо сайта или сервиса. Парсинг состоит из трех основных частей:

1) получение контента в исходном виде. Под получением контента, чаще всего подразумевается скачивание кода веб-страницы, из которой необходимо извлечь данные или контент;

2) извлечение и преобразование данных. В этой фазе происходит извлечение требуемых данных из полученного на первом этапе кода страницы. Чаще всего для извлечения используют регулярные выражения. Также на этом этапе происходит преобразование извлеченных данных к нужному формату, если это требуется;

3) генерация результата. Завершающий этап парсинга. На нем происходит вывод или запись полученных на втором этапе данных в требуемый формат. Чаще всего запись ведется напрямую в базу данных (Пример Парсера на Delphi. URL: <http://basicsprog.ucoz.ru/publ/9-1-0-30> (дата обращения: 1.12.17)).

В нашем случае мы должны получить списки групп, преподавателей и расписание.

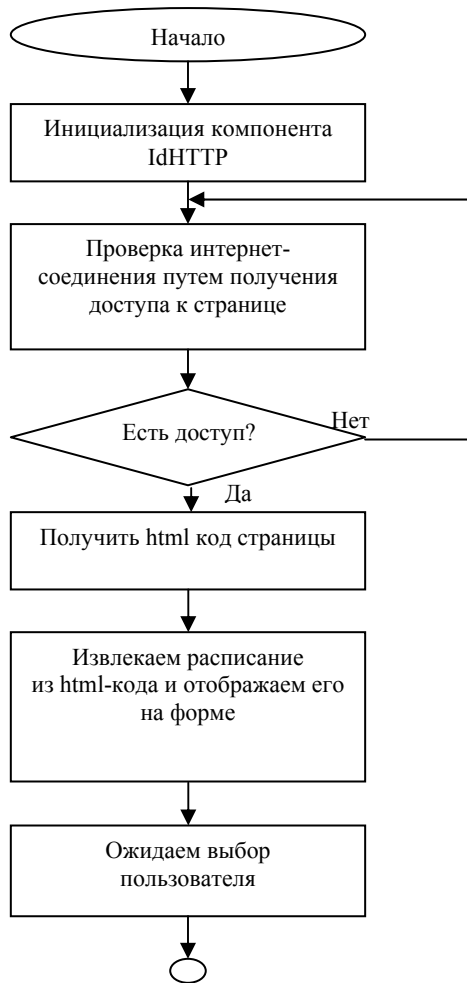
Алгоритм выглядит, как показано на рис. 3.

Пример кода парсинга сайта на список групп:

```
try //если не удалось подключиться то ошибка
Memo1.Lines.Add(IdHTTP1.Get('http://92.55.29.234:5556/sample-page/'));
except
ShowMessage('СерверВыключен.');
```

end;

```
MyText := Memo1.Lines.Text; //Записываем код страницы в переменную
STRING
for bn :=0 to Memo1.Lines.Count-1 do
begin
startPos := PosEx('<optionvalue =', MyText);
endPos := PosEx('</select><divclass="html-before-content"></div>', MyText,
startPos); // Ищем отрезок где записаны списки групп
text := Copy(MyText, startPos, endPos - startPos); //Записали список
form2.ComboBox1.Items.Add(text[i]); // Вывели список на форму
end
```



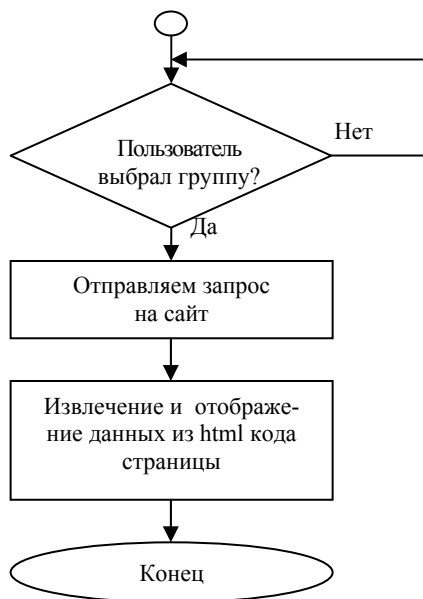


Рис. 3. Алгоритм программы для смартфонов

На рис. 4 слева изображен сайт, открытый на мобильном устройстве с помощью браузера, справа – разработанное приложение. Рассмотрев оба варианта представления расписания занятий на мобильном телефоне, можно сделать вывод, что приложение намного удобней для просмотра, а также является более эргономичным.

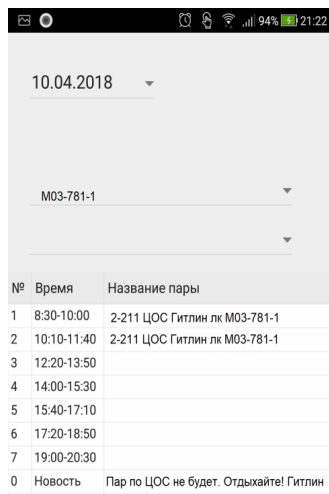
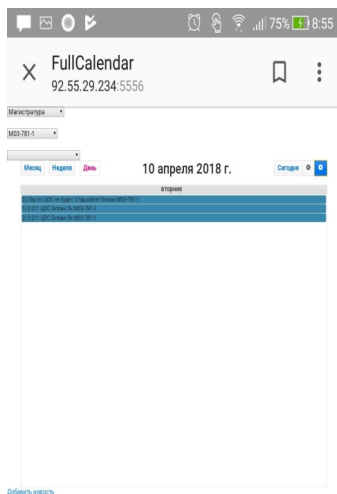


Рис. 4. Сайт и приложение для просмотра расписания на ОС Android

Таким образом, был реализован обмен между БД и мобильными приложениями при помощи парсинга. Это позволило выполнить задачи, поставленные перед системой.

И. Д. Шушков, аспирант
К. В. Брицын, магистрант
К. А. Матвеев, студент
Кафедра «Информационные технологии»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Системный подход к автоматизации процесса контроля и учета потребления электроэнергии в регионе

Разрабатывается информационная система «Мобильный энергоучет», взаимодействующая с мобильными устройствами (терминалами) для обработки, анализа и хранения информации о потреблении электроэнергии. Данная система является альтернативным подходом к существующим автоматизированным системам коммерческого энергоучета. В настоящее время все районы электрических сетей филиала Удмуртэнерго ПАО «МРСК Центра и Приволжья» подключены к проекту «Мобильный энергоучет». Возможности системы расширяются благодаря гибко выстроенной архитектуре.

Ключевые слова: АИИС КУЭ, мобильный энергоучет, терминал сбора данных, информационно-аналитический комплекс, геоинформационная система.

I. D. Shushkov, Post-graduate
K. V. Britsyn, Master's Degree Student
K. A. Matveev, Student
Department of Information Technology
Kalashnikov ISTU

A systematic approach to automating the process of monitoring and accounting for electricity consumption in the region

The information system "Mobile energy accounting" is being developed, which interacts with mobile devices (terminals) for processing, analyzing and storing information on electricity consumption. This system is an alternative approach to existing automated systems of commercial energy accounting. Currently, all areas of electric grids of Udmurtenergo which is a branch of PJSC MRSK of Center and Volga Region are connected to the project "Mobile energy accounting". The possibilities of the system are expanded due to the flexibly built architecture.

Keywords: mobile energy accounting, data collection terminal, information and analytical complex, geographic information system.

Снятие показаний с приборов учета – необходимая ежемесячная процедура. Ручной сбор данных электроэнергии – дешевый по способу его реа-

лизации. С другой стороны, многоэтапность работ является невыгодной. Все недостатки напрямую связаны с человеческим фактором.

Упрощение работ по учету электроэнергии стало возможным с применением различных автоматизированных систем учета. Внедрение различных автоматизированных интеллектуально-измерительных систем коммерческого учета электроэнергии (АИИС КУЭ) решает ряд проблем, существующих в случае традиционного, ручного, сбора данных о потреблении электроэнергии. Задача таких систем заключается в сборе в короткие сроки энергосбытовой компанией всех данных о потоках электроэнергии, которые в последующем подлежат обработке [1]. Информация должна анализироваться с целью составления прогнозов по потреблению. Внедрение таких систем учета позволят достаточно точно определять объемы потребленной энергии.

Альтернатива существующим на сегодня АИИС КУЭ – применение для учета электроэнергии терминалов сбора данных (ТСД), предназначенных для автоматизации процесса сбора информации. Разработка и внедрение информационно-аналитического комплекса учета и контроля за потреблением электроэнергии осуществляется филиалом Удмуртэнерго ПАО «МРСК Центра и Приволжья» (далее – Удмуртэнерго) совместно с ИжГТУ имени М. Т. Калашникова.

Удмуртэнерго является филиалом публичного акционерного общества «Межрегиональная распределительная сетевая компания Центра и Приволжья» – единой операционной компании с центром ответственности в Нижнем Новгороде, основного поставщика услуг по передаче электроэнергии и технологическому присоединению к электросетям Владимирской, Ивановской, Калужской, Кировской, Нижегородской, Рязанской, Тульской областях, а также Республики Марий Эл и Удмуртской Республики [2]. Для повышения эффективности автоматизированного учета полезного отпуска электроэнергии руководством компании было принято решение организовать Центр мониторинга и управление процессом формирования полезного отпуска электроэнергии.

Внедрение автоматизированной системы Центра с использованием терминалов сбора данных позволит (рис. 1):

- 1) вести электронную базу данных учета потребления электроэнергии в режиме реального времени в полевых условиях;
- 2) формировать график обходов персонала;
- 3) автоматизировано ставить задачи и контролировать их исполнение, в том числе на местности;
- 4) анализировать производительность персонала;
- 5) проектировать и визуально отображать процессы на картах;
- 6) запустить систему связи с персоналом и «тревожную кнопку»;
- 7) прогнозировать и анализировать процесс работы.



Рис. 1. Возможности Центра мониторинга

Реализация поможет проводить мониторинг при помощи терминала сбора данных (ТСД), возможности которого позволяют снимать показания с различных типов счетчиков, в том числе с индукционных приборов учета. В этом случае затраты на приобретение новых счетчиков отсутствуют. Контроль при помощи терминала проводит контролер. При первом обходе он присваивает каждому прибору учета индивидуальный номер (штрих-код), наклеивая его на корпус счетчика. В случае обнаружения хищения электроэнергии оформляется акт безучетного потребления с использованием показателей базы данных и мобильного принтера. Внесенные в базу данные терминалом передаются по каналу GPRS (рис. 2). При очередном обходе контролеру достаточно считать данные значения штрих-кода, ранее установленного на приборе учета, сверить все показатели с базой данных и внести изменения [3].

Комплекс учета и контроля потребления электроэнергии с применением терминалов сбора данных предполагает существенное снижение бумажного документооборота и, как следствие, – уменьшение числа ошибок оператора при внесении данных. Использование мобильного комплекса исключает влияние звена «Оператор» на занесение данных в базу данных, совершенствует процесс определения объема переданной электроэнергии потребителям, снижает время получения данных, что в целом значительно сокращает время выполнения работ.

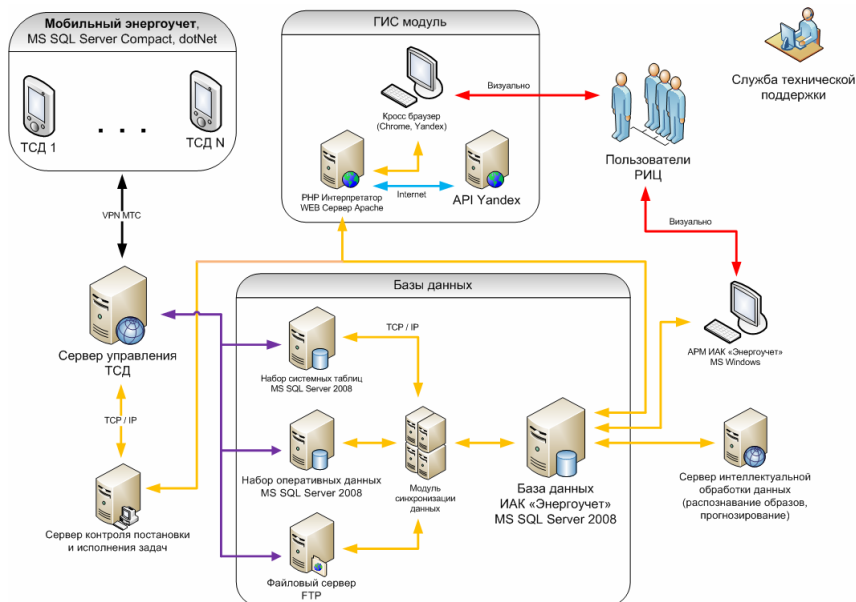


Рис. 2. Взаимодействие программного и аппаратного обеспечения

Одним из основных требований к разрабатываемой системе было выбрать устройство, обеспечивающее надежность и бесперебойную работу, так как рабочий день контролера может происходить в различных погодных условиях. Исходя из этого были выбраны ТСД компании Honeywell [4].

ТСД – высокотехнологическое электронное устройство, представляющее собой мобильный компьютер, выполненный в пыле- и влагозащитном корпусе (класс защиты IP 54 и выше) .

В состав терминала входит:

- встроенный сканер штрих-кодов;
- беспроводные интерфейсы (Bluetooth, Wi-Fi);
- модули GPRS/GSM;
- приемник GPS;
- базовое терминальное программное обеспечение.

На ТСД дополнительно устанавливается специальное собственное программное приложение «Мобильный энергоучет», позволяющее осуществлять:

- снятие показаний приборов учета;
- хранение и передача информации;
- определение местоположения прибора учета;
- сервисные функции контроля за потреблением энергоресурса.

На стороне регионального информационного центра (РИЦ) данные, отправленные терминалом, принимаются модулем управления ТСД, от которого терминалы получают задания и команды. Здесь происходит обработка системных и оперативных данных. Обработанная информация заносится в базу данных (БД). Дальнейшая работа происходит на других модулях комплекса, таких как ГИС-модуль, модули интеллектуальной обработки данных (распознавание образов, прогнозирование). Каждый из модулей решает определенную задачу [5].

Средствами модуля интеллектуальной обработки решается задача распознавания. Объектом для распознавания является фотография лицевой панели счетчика, которая содержит следующую информацию:

- показание прибора учета;
- модель счетчика (тип);
- заводской номер;
- штрих-код;
- пломбы электросетевых организаций.

Таким образом, процесс верификации данных потребления энергоресурса состоит из распознавания показаний приборов учета на фотографиях, присылаемых от контролеров при помощи терминала сбора данных.

При анализе изображений процесс обработки был разделен на два этапа. На первоначальном этапе необходимо выровнять объект на изображении в двумерной плоскости, а также исправить искажение перспективы. Такие дефекты возникают из-за положений приборов учета в труднодоступных местах для контролера, при которых сделать фотографию в правильной проекции не предоставляется возможным. На втором этапе осуществляется распознавание показаний потребляемой энергии [6].

Полученную информацию при помощи ГИС можно отобразить на карте. По каждому показанию можно посмотреть значение потребленной электроэнергии, время съема, данные потребителя, контролера, снявшего показание, и т. д. Постоянный сбор координат с GPS-приемника дает возможность прокладывать маршруты и детально отслеживать работу контролера. Все данные сохраняются в БД, что дает возможность воспользоваться историей маршрутов за любое время и отобразить на карте.

Для отображения полученных с ТСД данных был разработан корпоративный портал. Данный портал выполняет следующие функции:

- отображение снятых показаний на карте в виде меток;

- получение подробной информации о каждом снятом показании такой, как ФИО сотрудника, снявшего показание, время показания, введенная величина, рассчитанный расход, фотография прибора учета, информация о потребителе и др.;

- построение маршрутов, пройденных сотрудниками Удмуртэнерго;
- просмотр информации обо всех сотрудниках;
- получение фотографий, сделанных сотрудниками с помощью ТСД.

Проект «Мобильный энергоучет» стал победителем двух всероссийских конкурсов [2]. В настоящее время все районы электрических сетей Удмуртэнерго подключены к проекту «Мобильный энергоучет». Контролеры всех 27 районов электрических сетей филиала используют в своей работе по снятию показаний электрические счетчики мобильных терминалов сбора данных.

Разработчики программного комплекса уверены, что стопроцентное внедрение системы позволит в том числе снизить причину разногласий с энергосбытовой организацией. Объективность и оперативность предоставленных показаний в базе данных – одна из основных функций проекта.

Список литературы

1. Автоматизированный учет электроэнергии в бытовом секторе / С. В. Вологдин, Е. К. Бусыгин, И. Д. Шушков, К. В., Брицын П. Рябов // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации : сб. статей победителей междунар. науч.-практ. конф. – Пенза : Наука и просвещение, 2016. С. 84–88.
2. Две победы на всероссийских конкурсах: Удмуртэнерго представило инновацию «Мобильный энергоучет». URL: <http://udmurt.media/news/biznes/11016/>
3. *Vologdin, S. V., Shushkov, I. D., Bysygin, E. K.* Portable data collection terminal in the automated power consumption measurement system. Journal of Physics: Conference Series. 944. 2018. p. 012122.
4. Терминал сбора данных Dolphin 6000. URL: <http://pos-tech.ru/terminal-sboradannih-dolphin-6000>.
5. *Вологдин, С. В.* Выделение показания прибора учета электроэнергии методом Виолы – Джонсона с помощью библиотеки *opencvsharp* / С. В. Вологдин, Е. К. Бусыгин, И. Д. Шушков, П. И. Рябов, К. В. Брицын / Наука и инновации в XXI веке: актуальные вопросы, достижения и тенденции развития : сб. статей победителей междунар. науч.-практ. конф. Пенза : Наука и просвещение, 2016. С. 21–24.
6. *Рябов, П. И.* Алгоритм распознавания изображений с приборов учета электроэнергии / П. И. Рябов, С. В. Вологдин, В. В. Максимова // Интеллектуальные системы в производстве. 2017. Т. 15, № 4. С. 42–48.

А. С. Ипатов, магистрант
А. Н. Соловьева, кандидат технических наук, старший преподаватель
Кафедра «Автоматизированные системы обработки информации
и управления»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Исследование алгоритмов кластеризации текстур на аэрокосмических снимках

Описывается подход к исследованию алгоритмов кластеризации аэрокосмических снимков на уровне цветовых областей изображения, что позволит сформировать рекомендации по усовершенствованию существующих инструментов автоматизации дешифрирования. Кластеризация изображения на уровне цветовых областей позволяет учитывать не только спектральные характеристики изображенных объектов, но и дешифровочные признаки формы и текстуры.

Ключевые слова: аэрокосмические снимки, кластеризация, автоматизация дешифрирования.

A. S. Ipatov, Master's degree student
A. N. Solovyova, PhD in Engineering, senior lecturer
Department of Automated Data Processing and Control Systems
Kalashnikov ISTU

Exploring algorithms for clustering the textures in aerial and satellite images

The article describes an approach to exploring the algorithms of clustering the regions of uniform color of aerial and satellite images, which aims to create the guidelines for the improvement of the existing tools for automated interpretation of images. Performing the clustering at the level of color regions makes it possible to consider not only the spectral features of the depicted objects but also their shape and texture.

Keywords: aerial and satellite images, clustering, automated interpretation of images.

В наше время работа с аэрокосмическими снимками ведется во многих областях деятельности человека. Например, обработка и анализ аэрокосмических снимков выполняется в геологических исследованиях с целью изучения геоструктур при создании различного типа карт.

Процесс опознания на снимках объектов и особенностей местности, выявления их свойств, определения качественных и количественных характеристик называется дешифрированием [1].

Помимо специализированных алгоритмов выделения на снимках определенных категорий объектов местности (рек, дорог, транспортных узлов и т. д.) при автоматизированном дешифрировании широко применяется классификация областей изображения, в процессе которой каждому пикселю снимка сопоставляется категория объектов местности, которую он представляет. Системы автоматизации дешифрирования предоставляют оператору два режима классификации: контролируемую классификацию (с учителем) по заданным эталонам и неконтролируемую классификацию (кластеризацию).

Кластеризация – многомерная статистическая процедура, выполняющая сбор данных, содержащих информацию о выборке объектов, и затем упорядочивающая объекты в сравнительно однородные группы [2]. При кластеризации аэрокосмических снимков выполняется оптимальное по изображению разбиение пикселей на классы, которые оператор сопоставляет с реальными объектами местности. При кластеризации не используются внешние данные о содержании изображения, такие как заранее известный перечень классов объектов, поэтому в общем случае нет возможности сопоставить результаты кластеризации реальным категориям объектов местности с той же однозначностью, с которой это возможно при классификации по эталонам. Актуальна разработка методов кластеризации, позволяющих максимально приблизить кластеры, выделяемые на изображении, к категориям объектов местности, присутствующим на снимке.

В геоинформационных системах, предоставляющих средства обработки данных дистанционного зондирования Земли (Комплекс автоматизированного дешифрирования и векторизации данных ДЗЗ, *GRASS*, *ENVI*, *ERDAS IMAGINE*, *ArcGIS* и т. д.), кластеризация изображения выполняется в пространстве спектральных признаков отдельных пикселей. Так, в системе *ERDAS Imagine* используется метод *ISODATA* (*Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique Algorithm*), который основан на кластерном анализе с использованием метода последовательных приближений [3]. После рассмотрения яркостей пикселей как векторов в пространстве спектральных признаков ближайшие определяются в один класс. Для каждой спектральной зоны идет расчет статистических параметров распределения яркостей. Все пиксели делятся на некоторое n число равных диапазонов, внутри каждого из которых находится среднее значение. Для каждого пикселя диапазона рассчитывается спектральное расстояние до среднего значения. Все пиксели, расстояние между которыми наименьшее, определяются в один кластер. Так проходит первая итерация. При второй итерации и последующих идет расчет уже реальных средних значений для каждого кластера. Каждая новая итерация уточняет границы будущих классов.

В нашей работе кластеризация аэрокосмических снимков исследуется в рамках подхода *GEOBIA (Geographic Object-Based Image Analysis)* – объектно-ориентированный анализ географических изображений, при котором обработка изображения выполняется не на уровне пикселей, а на уровне однородных цветовых областей изображения [4]. Это позволяет учитывать не только спектральные характеристики объектов, но и дешифровочный признак формы, предоставляющий значительный объем информации, необходимой для качественной интерпретации объектов на снимке. Механизмы объектно-ориентированного анализа изображения реализованы в системах *eCognition*, *Feature Analyst*, *ENVI EX Feature Extraction*, *ERDAS IMAGINE Objective* и др., и экспериментами подтверждено более высокое качество классификации на уровне однородных цветовых областей изображения по сравнению с классификацией на уровне отдельных пикселей [4].

При кластеризации изображения по однородным цветовым областям также появляется возможность оценить дешифровочный признак текстуры. Текстура объектов местности легко идентифицируется и интерпретируется человеком, но представляет сложности для формализации. При обработке на уровне раstra текстура рассматривается как пространственное распределение цветов или значений яркости пикселей на изображении. При этом понятие текстуры как дешифровочного признака формулируется на более высоком уровне, подразумевающим возможность учитывать повторяемость, количество, размещение и форму ее составляющих элементов. Так, в справочниках дешифрирования упоминаются такие типы текстуры, как зернистая, мелкозернистая, сетчатая, струйчатая, полосчатая и др.

На первом этапе исследования выполняется векторизация изображения в программном комплексе *AutoPhoto*, разработанном на кафедре АСОИУ ИжГТУ имени М. Т. Калашникова и предназначенном для автоматизации обработки и семантического кодирования изображений. Программный комплекс ориентирован на автоматизацию процессов анализа и выделения информативных признаков изображений с целью использования их в системах технического зрения, графического поиска изображений в хранилищах данных, предметно-ориентированных ГИС и других системах поддержки принятия решений на основе графической информации [5].

AutoPhoto представляет собой набор инструментальных средств, выполняющих автоматически:

- фильтрацию, сглаживание и сжатие изображений;
- иерархическую (ступенчатую) цветовую сегментацию;
- выделение и аппроксимацию границ цветовых областей, вычисление их периметров и площадей;
- выделение и аппроксимацию контуров и скелетных линий.

Для полученных в результате векторизации цветовых областей рассчитываются значения характеристик, соответствующих их воспринимаемым глазом признакам. Так, для цветовых областей оцениваются 1) *размер* – площадь относительно других объектов изображения или в абсолютных единицах; 2) *форма* – вытянутость, извилистость границы, ориентация, прямолинейность, правильность скруглений, плотность точек, геометрическая правильность границы, выраженность полостей и ветвей; 3) *тон*; 4) *цвет* – оттенок и насыщенность; 5) *контрастность* – цветовая и яркостная [6].

Например, вытянутость можно оценить как

$$\begin{cases} 0, \text{ если } p = 0 \text{ или } s = 0, \\ 2L_{sk}/p, \text{ если известен скелет области,} \\ (p - 2\sqrt{\pi s})/(2s - 2\sqrt{\pi s}), \text{ иначе,} \end{cases} \quad (1)$$

где p – периметр области (длина границы); s – площадь области; L_{sk} – сумма длин цепочек скелета области.

Оттенок берется как значение компоненты H (*Hue*) цвета области в цветовой модели *HSV*.

Далее исследуется кластеризация цветовых областей в пространстве рассчитанных характеристик. Для выполнения кластеризации используется аналитическая система *Deductor Studio*. *Deductor* состоит из двух компонентов: аналитического приложения *Deductor Studio* и многомерного хранилища данных *Deductor Warehouse*.

Deductor Warehouse – многомерное хранилище данных, аккумулирующее всю необходимую для анализа предметной области информацию [7].

Deductor Studio – программа, предназначенная для анализа информации из различных источников данных. Она реализует функции импорта, обработки, визуализации и экспорта данных. *Deductor Studio* может функционировать и без хранилища данных, получая информацию из любых других источников, но наиболее оптимальным является их совместное использование.

На рисунке показана схема функционирования *Deductor Studio*. Отправной точкой для анализа всегда является процедура импорта данных. Полученный набор данных может быть обработан любым из доступных способов.

Результатом обработки также является набор данных, который, в свою очередь, опять может быть обработан. Импортированный набор данных, а также данные, полученные на каждом этапе обработки, могут быть экспортированы для последующего использования.

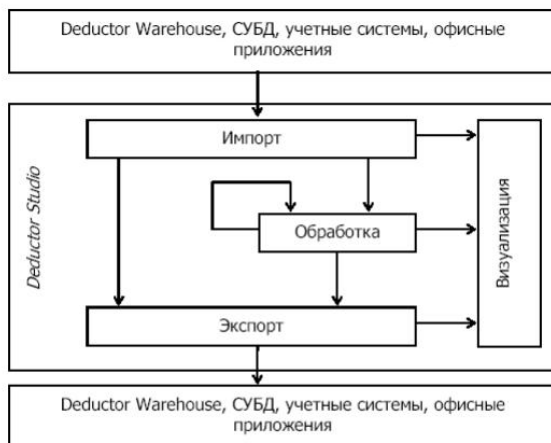


Схема функционирования *Deductor Studio*

В *Deductor Studio* нами выполняется кластеризация цветовых областей по разным наборам характеристик и при разных настройках алгоритмов. В *Deductor Studio* кластеризация данных реализуется посредством алгоритма k -средних и его разновидности алгоритма g -средних.

Алгоритм k -средних строит k кластеров, расположенных на возможно больших расстояниях друг от друга [8]. Основной тип задач, которые решает алгоритм k -средних, – наличие предположений (гипотез) относительно числа кластеров, при этом они должны быть различны настолько, насколько это возможно. Выбор числа k может базироваться на результатах предшествующих исследований, теоретических соображениях или интуиции. Алгоритм завершается, когда на какой-то итерации не происходит изменения центра масс кластеров.

Случается, что аналитик не имеет возможности назвать точное число кластеров, на которое требуется разбить исследовательскую выборку. В таких случаях применяется алгоритм g -средних. Данный алгоритм, последовательно выполняя статистический тест, сам определяет число кластеров в модели. Суть теста состоит в том, что данные внутри каждого кластера подчиняются нормальному закону распределения. Если тест дает отрицательный результат, кластер разбивается на два новых кластера (алгоритмом k -средних) с центрами.

Для подбора оптимального сочетания измерений (характеристик объектов), по которым выполняется кластеризация, и параметров используемых алгоритмов выполняется сопоставление кластеров, полученных в *Deductor*

Studio, с эталонными тематическими слоями изображения, сформированными в системе семантического кодирования результатов цветовой и текстурной сегментации *TexSeg*, разработанной на кафедре «АСОИУ» ИжГТУ имени М. Т. Калашникова [6]. Данная система позволяет автоматизировать операции по выделению на снимках значимых объектов местности, анализу их характеристик и построению границ для дальнейшего обозначения на карте. Система *TexSeg* позволяет автоматизировать следующие операции по обработке аэрофотоснимков:

- выделение на (векторизованном) изображении характерных объектов местности;
- оконтуривание выделенных областей;
- содержательное описание объектов изображения: цветовых областей, текстурных областей, объектов местности.

Численная оценка качества кластеризации выполняется с использованием критериев точности и полноты. Пусть L – тематический слой снимка, соответствующий определенной категории объектов местности, выделенный в системе *TexSeg* (эталонный набор цветовых областей); C – кластер цветовых областей, полученный в *Deductor Studio*; $RegionCount(S)$ – функция, которая возвращает количество цветовых областей в наборе S .

Тогда точность T полученного кластера можно оценить по формуле

$$T = RegionCount(L \cap C) / RegionCount(C), \quad (2)$$

полноту P полученного кластера можно оценить по формуле

$$P = RegionCount(L \cap C) / RegionCount(L), \quad (3)$$

Проводимое исследование алгоритмов кластеризации позволит сформировать рекомендации по усовершенствованию существующих инструментов автоматизации дешифрирования. Выполнение кластеризации изображения на уровне цветовых областей позволяет учитывать не только спектральные характеристики изображенных объектов, но и дешифровочные признаки формы и текстуры.

Список литературы

1. ГКИНП 02-121–79. Руководство по дешифрированию аэроснимков при топографической съемке и обновлении планов масштабов 1:2000 и 1:5000 / Главное управление геодезии и картографии при совете министров СССР. М. : ЦНИИГАиК, 1980. (Геодезические, картографические инструкции, нормы и правила).

2. Мандель, И. Д. Кластерный анализ. М. : Финансы и статистика, 1988. 176 с.
3. Gis-lab географические информационные системы и дистанционное зондирование URL: <http://gis-lab.info/qa/genclass-erdas.html> (дата обращения: 12.04.2018).
4. Object-based image analysis: spatial concepts for knowledge-driven remote sensing applications / T. Blaschke, S. Lang, G. J. Hay (eds.). Berlin : Springer, 2008. 817 p. (Lecture notes in geoinformation and cartography).
5. Кучуганов, А. В. Автоматизация обработки и семантическое кодирование цифровых изображений / А. В. Кучуганов, П. П. Осколков // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2013. № 1. С. 41–44.
6. Solovyova, A. N. Automation of aerial and satellite image interpretation [Electronic resource] / A. N. Solovyova, A. V. Kuchuganov // Proc. of the 2016 conference on Information Technologies in Science, Management, Social Sphere and Medicine (ITSMSSM 2016). Electronic data (1 file: 1 784 Kbytes). Amsterdam, 2016.
URL: http://www.atlantis-press.com/php/download_paper.php?id=25856051 (accessyв: 12.04.2018).
7. Аналитическая система Deductor. URL: <http://basegroup.ru>deductor/description> (дата обращения: 25.01.2018).
8. ИНТУИТ Национальный открытый университет.
URL: <http://www.intuit.ru/studies/courses/6/6/lecture/184> (дата обращения: 12.04.2018).

С. В. Шкляев, доцент
Е. Ф. Стукалина, кандидат технических наук, доцент
Кафедра «Защита информации в компьютеризированных системах»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Применение сканеров безопасности для анализа защищенности автоматизированных информационных систем

Рассматриваются методы анализа защищенности автоматизированных систем с учетом опыта применения сетевых сканеров. Оцениваются возможности сканера безопасности RedCheck для проведения тестовых испытаний в корпоративных автоматизированных информационных системах.

Ключевые слова: анализ защищенности автоматизированных систем; сканер безопасности; уязвимость; угроза.

S. V. Shklyayev, Associate Professor
E. F. Stukalina, PhD in Engineering, Associate Professor
Department of Information Security in Computerized Systems
Kalashnikov ISTU

The use of security scanners to analyze the security of automated information systems

Methods for analyzing the security of automated systems are considered, taking into account the experience of using network scanners. The possibilities of the RedCheck safety scanner for conducting test tests in corporate automated information systems are evaluated.

Keywords: analysis of the security of automated systems; security scanner; certification tests; vulnerability; threat.

При создании информационной инфраструктуры корпоративной автоматизированной информационной системы (АИС) на базе современных компьютерных сетей неизбежно возникает вопрос о защищенности этой инфраструктуры от угроз безопасности информации. Защищенность является одним из важнейших показателей эффективности функционирования АИС наряду с такими показателями, как надежность, отказоустойчивость, производительность и т. д. Кроме того, анализ защищенности является основным элементом таких взаимно пересекающихся видов работ, как аттестация, аудит и обследование безопасности АИС.

Однако не существует строго сформулированных алгоритмов для получения точных значений таких величин, как величина угрозы, ущерба, сопротивляемости механизма защиты, так как эти понятия являются трудно-формализуемыми.

В проведении тестовых испытаний защищенности АИС по требованиям безопасности в последнее время достаточно популярным инструментом становятся сканеры безопасности. Реализация такого инструментария представляет собой программное или аппаратно-программное средство, позволяющее путем осуществления различных проверок выявить подверженность исследуемого объекта различным уязвимостям. Надо отметить, что первоначально сканеры безопасности использовались злоумышленниками для реализации атак на автоматизированную систему. В настоящее время сканеры безопасности взяли на вооружение специалисты в области информационной безопасности, для своевременного обнаружения уязвимостей в информационных системах. Уязвимость, как известно, – это слабое место в информационной системе, которое может привести к нарушению безопасности путем реализации некоторой угрозы (Уилсон Э. Мониторинг и анализ сетей. Методы выявления неисправностей. М. : Лори, 2013. 350 с.).

Для получения интегральных показателей защищенности сканеры безопасности используются в различных частях корпоративной сети предприятия, причем сетевые сканеры применяют, как из внутренней сети, так и со стороны глобальной сети Интернет.

Примечательно, что в настоящее время используется распределенная архитектура сетевых сканеров, в которых сканирующие модули могут быть установлены на отдельных участках сети, а управление осуществляется централизованно, что соответствует принципу централизации управления системой информационной безопасности.

Современный рынок представлен многими решениями, которые предназначены для анализа защищенности информационных ресурсов предприятий. Наиболее известные на сегодняшний момент решения, это сетевые сканеры XSpider/MaxPatrol, RedCheck, Scanner-VS. Применение конкретного сканера безопасности зависит от функционала его ядра и правильной политики применения такого мощного анализатора безопасности информационной системы. Исследования в области анализа защищенности автоматизированных систем на базе сканера RedCheck, выявило следующие особенности применения такого инструментария. Используемый в сканере безопасности агент программы необходимо устанавливать на сканируемые хосты, которыми могут быть сервера и/или рабочие станции. В режиме сканирования с использованием агента удастся собирать более полную информацию со сканируемых хостов. Это особенно актуально в случае наличия установленных нескольких средств защиты информации, таких как

персональные межсетевые экраны, антивирусы, средства защиты от не-санкционированного доступа и т. д. Именно такой вариант установки позволяет добиться эффективного применения сканера безопасности и проанализировать систему защиты «изнутри».

Заключение

На предприятии были применены: 1) компоненты информационной системы: web-сервер, СУБД SQL Server; 2) сетевое оборудование и средства защиты: межсетевые экраны, антивирусные средства, средства защиты от НСД «Соболь».

В конечном результате удалось эффективно решить задачу по сбору данных о состоянии информационной безопасности в корпоративной сети предприятия.

Анализ данных по уязвимости в корпоративной сети, очевидно, позволит в дальнейшем пройти процедуру аттестации АИС.

А. А. Исаков, магистрант
А. Н. Соловьева, кандидат технических наук, старший преподаватель
Кафедра «Автоматизированные системы обработки информации
и управления»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Алгоритм построения оптимального туристического маршрута с учетом ограничений

Описывается алгоритм составления оптимального туристического маршрута с учетом пользовательских предпочтений и ограничений. Приводятся характеристики, используемые для отбора пунктов, образующих туристический маршрут.

Ключевые слова: построение туристического маршрута, рекомендательный алгоритм, критерии отбора пунктов для посещения.

А. А. Isakov, Master's degree student
А. N. Solovyova, Ph. D. in technical sciences, senior lecturer
Department of Automated Data Processing and Control Systems
Kalashnikov ISTU

Algorithm for constructing an optimal tourist route with constraints

The article describes an algorithm for constructing an optimal tourist route with account taken of user preferences and constraints. The characteristics used to select the tourist attractions forming the route are given.

Keywords: tourist route construction, recommendation algorithm, criteria for tourist attraction selection.

В условиях повсеместной мировой глобализации и развития внутреннего туризма в нашей стране актуальна разработка веб-сайта, позволяющего решить задачу составления оптимального туристического маршрута с учетом всех ограничений и предпочтений пользователя (туриста).

Ближайшим аналогом разрабатываемого веб-сайта является веб-сайт Europe Trip Planner – Easily plan your trip to Europe | RoutePerfect [1], главная страница которого приведена на рисунке. Пользователь вводит на сайт данные о путешествии. На основе введенных пользователем данных сайт автоматически подбирает оптимальный маршрут путешествия (который можно впоследствии редактировать: например, можно исключить некоторые места, добавить какие-то вручную и др.). Также сайт содержит подробное описание для каждого предлагаемого города и различных интересных мест в нём. RoutePerfect – довольно качественный и предельно близкий

к исследуемой теме сайт, но, к сожалению, он англоязычный, и единственный доступный регион путешествия на нем – Европа.

RoutePerfect
Explore Europe *YOUR* way!

Plan your trip | Top itineraries | Transportation

Starting at: **Barcelona, Spain** | Returning from: **Rome, Italy** | For: **14 days** | From: **--/--** | Transportation: **Public transport** | Vacation type: **Friends**

[Save](#) [Share](#) [Price Your Trip](#)

Your Preferences
Indicate your preferences to customize your trip

- Small Towns: ☐
- Culture: ☐
- Great Food: ☐
- Nature: ☐
- Historic Places: ☐
- Beaches: ☐
- Night Life: ☐
- Active: ☐

[Reset](#)

Ready to continue?
Save up to 20% by booking your trip as a package

[Price Your Trip](#)

Itinerary [Undo](#) [Redo](#)

Planning mode: **Auto** [Manual](#)

Overnight destinations: **7**

[Add a destination or a region](#)

- Barcelona, Spain**
2 nights
347 km, 3h 17m
- Montpellier, France**
2 nights
361 km, 3h 31m
- Chambery, France**
1 night
149 km, 3h 51m
- Val d'Isère, France**
2 nights
61 km, 1h 29m
- Aosta, Italy**
1 night
114 km, 1h 39m

Главная страница сайта RoutePerfect

Построение оптимального маршрута с учетом ограничений по времени посещения пунктов, способов передвижения, других пользовательских критериев – задача, требующая системного подхода к решению. Критериев для отбора пунктов посещения может быть огромное количество. Кроме того, для каждого пользователя они будут индивидуальными. Сформированный нами перечень характеристик, используемых для отбора пунктов, образующих туристический маршрут, представлен в таблице.

Перечень характеристик, используемых для отбора пунктов, образующих туристический маршрут

Наименование характеристики	Примеры
Место путешествия (регион, область, страна, континент)	{ Приморский край, Московская область, ... }; { Россия, Испания, ... }; { Европа, Азия, ... } и др.
Тип путешествия	{ С друзьями, одиночное, романтическое, семейное, }
Длительность путешествия, дней	{ 7, 15, ... }
Бюджет путешествия, ден. ед.	{ 20000, 40000, ... }
Предпочтения пользователя	{ Природа, мегаполисы, активный отдых, ночная жизнь, ... }
Другие временные ограничения	{ Время вылета самолета, режим работы места для посещения, ... }

Разработанный нами алгоритм построения оптимального туристического маршрута реализует подход к формированию рекомендаций посредством фильтрации на основе профилей пользователей и профилей пунктов для посещения. Входными данными для алгоритма являются:

- множество критериев для отбора пунктов посещения (критерии выбираются пользователем из общего множества, а также дополняются в соответствии с работой рекомендательного алгоритма);
- карта местности с отмеченными на ней пунктами для возможного посещения. Для пунктов известны значения критериев.

Описание работы алгоритма

1. *Ранжирование критериев отбора по убыванию значимости.* На этом шаге алгоритма характеристики из таблицы ранжируются в порядке значимости, определенном в алгоритме. Например, в первую очередь учитывается строго обозначенное пользователем место путешествия, а также наиболее серьезные ограничения, такие как ограниченный бюджет путешествия или его временные рамки.

2. *Отбор пунктов посещения, удовлетворяющих заданным пользователем критериям.* В зависимости от совпадения или несовпадения, а также степени значимости критериев пункты для посещения сортируются в порядке актуальности для пользователя.

3. *Формирование множества пунктов, образующих маршрут.* Отсортированные по актуальности пункты для посещения предоставляются пользователю. Пользователь может откорректировать предложенное множество пунктов для посещения.

4. *Построение оптимального маршрута посещения пунктов*, минимизирующего временные и/или денежные затраты. На этом шаге алгоритма определяется оптимальная по временным и денежным затратам последовательность посещения пунктов, удовлетворяющая ограничениям пользователя. Определение кратчайшего пути на карте между соседними пунктами маршрута рассматривается как поиск пути минимального веса во взвешенном графе.

Результат работы алгоритма – маршрут, оптимальный с точки зрения обозначенных критериев.

Для реализации алгоритма построения оптимального туристического маршрута могут быть использованы открытые API (наборы сервисов), которые предоставляют доступ к картографическим данным и технологиям. Например, необходимыми инструментами обладают API Яндекс.Карт [2], Google Maps API [3] или API Openrouteservice [4].

Приведенный алгоритм позволяет сократить трудоемкость формирования туристического маршрута, а также формировать туристические маршруты, оптимальные с точки зрения предпочтений и ограничений конкретного пользователя. Пользователями разрабатываемого сайта могут быть как представители туристического бизнеса, так и туристы, самостоятельно составляющие свой маршрут.

Список литературы

1. Europe Trip Planner - Easily plan your trip to Europe | RoutePerfect [Электронный ресурс]. URL : <https://www.routeperfect.com/trip-planner/> (дата обращения: 10.04.2018).
2. API Яндекс. Карт – Технологии Яндекса [Электронный ресурс]. URL : <https://tech.yandex.ru/maps/> (дата обращения: 10.04.2018).
3. Google Maps APIs - Google Developers [Электронный ресурс]. URL : <https://developers.google.com/maps/faq#whatis> (дата обращения 10.04.2018).
4. Openrouteservice – официальный сайт [Электронный ресурс]. URL : <https://go.openrouteservice.org/> (дата обращения: 10.04.2018).

Д. В. Кучуганов, магистрант
Кафедра «Программное обеспечение»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Разработка библиотеки обработки JSON-форм для веб-приложений

Наиболее важным аспектом разработки библиотеки является возможность динамического отображения форм из JSON-схем и их визуализация в приложении с использованием JavaScript, а затем привязка этой формы к API REST. Проработана интеграция предметной области JSON схем с базой задач по программированию. Рассмотрены стандарты описания структур данных в формате JSON. Практическое применение разработанной библиотеки позволяет разработчикам оптимизировать процесс создания пользовательских интерфейсов для своих приложений. Кроме того, автоматически создается документирование API с помощью Swagger для упрощения интеграции.

Ключевые слова: JSON-схема, JSON Hyper-Schema, javascript, REST API, Swagger.

*D. V. Kuchuganov, Master's Degree Student
Department of Software
Kalashnikov ISTU*

Development of a JSON processing library for web applications

The most important aspect of library development is the ability to dynamically display forms from JSON schemas and visualize them in an application using JavaScript, and then bind this form to the REST API. The integration of the subject area of JSON schemes with the programming task base has been worked out. Standards for describing data structures in JSON format are considered. Practical application of the developed library allows developers to optimize the process of creating user interfaces for their applications. In addition, the API documentation using Swagger is automatically created for easy integration.

Keywords: JSON-schema, JSON Hyper-Schema, javascript, REST API, Swagger.

JSON-схема – это стандарт описания структур данных в формате JSON, разрабатываемый на основе XML-Schema. Схемы, описанные этим стандартом, имеют MIME application/schema+json. Стандарт удобен для использования при валидации и документировании структур данных, состоящих из

чисел, строк, массивов и структур типа ключ – значение (которые в зависимости от языка программирования могут называться «объект», «словарь», «хэш-таблица», «ассоциативный массив» или «карта»). На данный момент имеются полные и частичные реализации для разных платформ и языков, в частности *javascript*, *php*, *ruby*, *python*, *java* [1].

JSON Hyper-Schema является расширением *JSON-schema* и предназначен для поддержки семантики прикладного уровня; подходит для аннотирования существующего *HTTP-API* на основе *JSON*. Документы схемы *JSON* идентифицируются с помощью *URI*, которые могут использоваться в заголовках *HTTP Link* и внутри документов *JSON-Schema*, чтобы разрешить рекурсивные определения. Ссылки – это механизм, с помощью которого автор схемы может указывать без двусмысленности тем, что означает доступ к определенным ресурсам. Ссылки предназначены, чтобы рассказать любому потребителю, как семантически общаться с ресурсом. Также необходимо учитывать определения типов для таких вещей, как контракты на обслуживание *API*, поскольку это позволяет устранить неоднозначность в отношении ресурсов, с которыми связан ваш *API*.

Схема является *JSON*-объектом, предназначенным для описания каких-либо данных в формате *JSON*. Свойства этого объекта не являются обязательными, каждое из них является инструкцией определенного правила валидации. Прежде всего схема может ограничивать тип данных. Одной из самых мощных и привлекательных функций *JSON-Schema* является возможность из схемы ссылаться на другие схемы, а также наследовать (расширять) схемы с помощью ссылок *JSON-Ref*. При расширении схемы нельзя переопределять правила, только дополнять их. При работе валидатора к проверяемым данным должны применяться все правила из родительской и дочерней схем.

Кроме гипермедиа необходимо сделать *API* самоописываемым и машинночитаемым. В процессе разработки был выбран *Swagger*. Одно из основных преимуществ *Swagger* заключается в том, что он развивается как стандарт. Он описывает *REST API* с помощью *JSON*, достаточно прост для понимания и имеет неплохую экосистему инструментов для работы с описаниями *API* [2].

Рассмотрим более подробно реализацию в формате представления объектов. Ресурсы – это структурированные объекты данных, которые поддерживают приложение. Всё, что имеет статическую структуру данных, можно определить, как ресурс. Формы представляют собой неструктурированные данные, которые используются для дополнения ресурса.

JSON-объект представим математической моделью в виде следующего кортежа:

$$O = \langle X, Y, Z \rangle, \quad (1)$$

где X – объект формы, который задают логическую структуру; Y – экземпляры ресурсов; Z – методы, которые реализуют функциональность.

Определим множество интерпретирующих функций в следующем виде:

$$F = \{F_{\text{mapping}}, F_{\text{relations}}, F_{\text{search}}, F_{\text{duplication}}, F_{\text{template}}\}, \quad (2)$$

где $F_{\text{mapping}}: A \rightarrow \{\text{Operation}\}$ – функция отображения объекта на множество операций решения задачи (возможности создания, редактирования, удаления объектов); $F_{\text{relations}}: \{A\} \rightarrow \{D\}$ – функция просмотра связей объекта; $F_{\text{search}}: S \rightarrow \{D\}$ – функция поиска значения из загруженных внешних ресурсов; $F_{\text{duplication}}: D \rightarrow \{D\}$ – функция проверки уникальности ключей каждого объекта. При добавлении новой связи выполнять проверку на наличие связи, если связь уже присутствует, новая создаваться не должна; F_{template} – функция формирования и применения шаблонов. Шаблон – заранее предопределенный набор связей.

На основании этого множества функций определяется список методов, доступных в *API* на основе объектно-ориентированного подхода. Действия над ресурсами, обычно, определяются стратегией *CRUD* и соответствуют *HTTP*-методам. Если ресурс существует только в контексте другого ресурса, то *URL* может быть составным. Когда действие над объектом не соответствует *CRUD* операции, то его можно рассматривать как составной ресурс.

Зададим преобразование X_n , которое даст возможность интегрировать в качестве составляющей представление шаблонов интегрируемых данных Y [2]:

$$\sigma_n: Y \rightarrow M^N, \quad (3)$$

где M^N – экземпляр формируемого объекта формы.

Основные бинарные операции, определяемые над *JSON*-объектами:

$$X \cap Y := \{x \mid x \in X \wedge x \in Y\}, \quad (4)$$

$$X \cup Y := \{x \mid x \in X \vee x \in Y\}. \quad (5)$$

После того, как у вас есть форма, отображаемая в вашем приложении, следующим шагом будет обработка представления в вашем компоненте. Предположим, вам нужно подключиться к представлению формы, сделать вызов своей собственной службы, чтобы выполнить пользовательскую проверку в этом представлении, а затем, когда ваша проверка пройдет, разрешить обработку представления. Вы также можете сообщить форме, что произошла ошибка в представлении формы, а затем предоставить ошибку.

Также предусмотрена возможность предварительно заполнить форму данными и множество функций, которые позволяют вам напрямую изменять поведение формы в зависимости от определенных условий. Предусмотрено управление стилями *CSS* для конкретного элемента, используя пользовательские классы *CSS*. Созданные формы динамически отображаются в вашем приложении, что дает вам полный контроль над событиями *CSS* и *JavaScript*.

Таким образом, *JSON-Schema* – достаточно удобный инструмент для документирования структур данных и конфигурирования автоматических валидаторов внешних данных в приложениях. Он не зависит от языка программирования и может найти применение во многих областях: валидация форм *POST*-запросов, *JSON REST API*, проверка пакетов при обмене данными через сокет, валидация документов в документо-ориентированных базах данных и т. д. Основным преимуществом использования *JSON-Schema* является стандартизация и, как следствие, упрощение поддержки и улучшение интеграции программного обеспечения [1].

Разработанная библиотека включает в себя надежный, простой механизм визуализации форм *JavaScript*, который способен динамически генерировать *Web*-формы с использованием схемы *JSON*.

Список литературы

1. Описание и валидация древовидных структур данных. *JSON-Schema*. URL: <https://habrahabr.ru/post/158927/> (дата обращения: 05.04.2018).
2. Новый *REST API* Яндекс.Диска и Полигон. А также зачем Диску ещё один *API* и как мы его делали. URL: <https://habrahabr.ru/company/yandex/blog/227377/> (дата обращения: 08.04.2018).
3. Галушка, И. Н. Разработка математической модели системы интеграции корпоративных данных на основе паттернов / И. Н. Галушка, С. С. Щербак. 2015. С. 59–63.

К. Н. Майоров, аспирант
А. Г. Ложкин, доктор технических наук, профессор
Кафедра «Программное обеспечение»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Концепция проектирования автономного робота на основе лингвистической модели

В рамках разработки автономного робота на основе лингвистической модели были проанализированы существующие методы планирования поведения робота, а именно применение нейронных сетей, функционирующих по принципу обучения с подкреплением. Предложено рассматривать автономный робот и среду его работы как текст на языке математики. Выдвинуты основные постулаты данного подхода.

Ключевые слова: автономный робот, нейронная сеть, автоморфизм, прагматика.

K. N. Maiorov, Post-graduate
A. G. Lozhkin, Doctor of Engineering Sciences, Professor
Department of Software
Kalashnikov ISTU

The concept of design of the autonomous robot based on the linguistic model

As part of the development of the autonomous robot are analyzed existing methods of designing autonomous robots, namely the use of neural networks, functioning on the principle of reinforcement-learning. It is suggested to consider the autonomous robot and the environment of its work as a text in the language of mathematics. The main postulates of this approach are put forward.

Keywords: autonomous robot, neural network, automorphism, pragmatics.

Для того чтобы робот мог считаться полностью автономным, он должен уметь самостоятельно ориентироваться в любой окружающей среде. При работе такие роботы должны обладать двумя свойствами: получать информацию об окружающей среде, а также воздействовать на нее.

Среда, в которой работает робот, в большинстве случаев является динамической системой. Соответственно, мы не можем задать полный набор правил поведения для каждой ситуации, которая может произойти. Автономный робот должен самостоятельно принимать решения в новых ситуациях и создавать новые навыки поведения.

Рассмотрим основные подходы задачи планирования поведения робота.

Простейшей, но при этом довольно эффективной моделью условно-рефлекторного поведения робота является вероятностный автомат [1]. Он представляет собой устройство с N датчиками и M эффекторами (исполнительными механизмами). Входной алфавит автомата составляет $X = 2^N$ сигналов, а выходной – $Y = 2^M$. Действия автомат совершает в соответствии со стохастической матрицей P

$$P = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{m1} & p_{m2} & \dots & p_{mn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

размером $Q \times X \times Y$, где Q – количество состояний. Находясь в некотором состоянии $q(t)$ и приняв на входе сигнал $x(t)$, автомат переходит в состояние $q(t+1)$. При этом он совершает действие $y(t)$, выбираемое из соответствующего вектора вероятностей.

При данном подходе возникает проблема размера стохастической матрицы, так как при восьми исполнительных устройствах и десятке датчиков мы уже получаем достаточно внушительные входные и выходные алфавиты. Поскольку робот должен работать в режиме реального времени, мы не можем увеличить способность автомата к оценке ситуации за счет расширения стохастической матрицы.

Проблему размера стохастической матрицы был призван решить классифицирующий автомат, который способен формировать последовательность стохастических матриц для каждого события на основе нейронных сетей или генетических алгоритмов. Но тогда проблема скорости работы заменяется проблемой выбора нужной стохастической матрицы.

Одним из важнейших подходов обучения и принятия решений роботом являются искусственные нейронные сети, функционирующие по принципу обучения с подкреплением (reinforcement learning) [2]. При данном подходе робот взаимодействует с внешней средой, совершая какие-либо действия из заранее заданного набора. Окружающая среда реагирует на эти действия, выдавая роботу какое-то вознаграждение либо наказание. Таким образом, робот может корректировать свое поведение (выбор действий) наблюдая за реакцией среды. Простейший пример работы данного подхода можно увидеть на рис. 1.

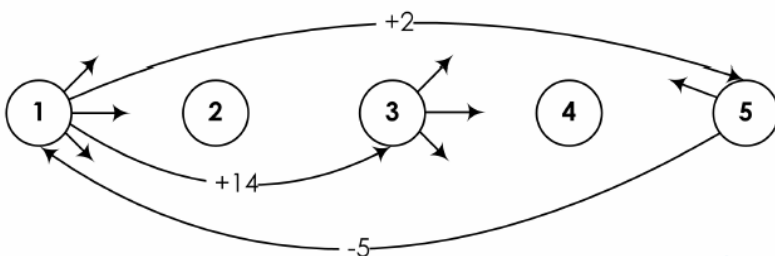


Рис. 1. Пример схемы взаимодействия агента со средой

Обучение с подкреплением имеет множество методов взаимодействия со средой. Самыми популярными являются:

- многорукие бандиты (multiarmed bandits) [3, с. 240];
- адаптивный эвристический критик (adaptive heuristic critic) [3, с. 251];
- Q-обучение (Q-learning) [3, с. 254].

Суть метода многоруких бандитов заключается в том, что у агента (робота) есть набор определенных действий, выбирая которые он получает какое-то случайное вознаграждение, а затем снова имеет возможность выбирать из тех же самых действий. То есть состояние среды от действия к действию изменяться не будет, а агент должен за определенное число попыток получить максимальное вознаграждение.

Второй метод (адаптивный эвристический критик) базируется на Марковском процессе принятия решений [4]. Нам заранее известно несколько состояний агента, функция вознаграждения, зависящая от состояния, и вероятностные переходы между состояниями. Самая важная черта Марковского процесса в том, что на вероятности переходов от одного состояния к другому никак не влияет история предыдущих переходов. Робот должен за время своей работы найти оптимальное поведение. Идея адаптивного эвристического критика состоит в том, чтобы один компонент алгоритма искал оптимальную стратегию, а второй – функцию значений. Таким образом, между этими компонентами происходит соперничество, что каждый компонент старается улучшить работу другого.

Q-обучение является вариантом адаптивного эвристического критика. Отличие состоит лишь в том, что вместо функции значений используется функция с двумя параметрами $Q^*(s, a)$ -ожидаемую оптимальную награду за действие a в состоянии s .

Проблема скорости принятия решений роботом при данных подходах не исчезает, так как увеличение размера нейронной сети параллельно увеличивает время принятия решения.

Все эти методы базируются на предположении, что человек принимает решение только путем мыслительной деятельности. Однако существуют также когнитивные исследования. Современные физиологи полагают, что человек принимает решения задолго до мыслительной деятельности. В ходе биохимических исследований был выявлен участок ДНК, который передает информацию об ориентации в пространстве без участия зрения. На основе этого уже можно сделать вывод, что некоторые механизмы пространственной ориентации могут работать без визуального контакта со средой. Можно предположить, что таким механизмом являются автоморфизмы (симметрии) пространства. Ниже представлена расширенная таблица автоморфизмов Дьедоне [5], построенная на основе знаний симметрии и реляционной алгебры.

1. Существование множества ($A \neq \emptyset$ Зермело).
2. Существование отношения ($a_1 R a_2$ Кодд).
3. Принадлежность элемента множеству ($a \in A$ Фрэнкель).
4. Универсальное отношение ($f : \Omega \rightarrow \Omega'$ импликация).
5. Лингвистическое описание множества (Декарт).
6. Лингвистическое представление отношения (Декарт).
7. Сохранение кардинальности ($m(A) = \text{const}$ Лагранж).
8. Сохранение мощности отношения ($n = \text{const}$ in $C_1 x^n + C_2 y^n + C_3 x^{n-1} y^{n-1} + \dots + C_{k-1} x + C_k y + C_0$ Кляйн).
9. Лингвистический порядок ($\vec{v} = xi + yi + zk + w$ Гамильтон).
10. Математический порядок ($a_i \prec a_{i+1}$, где $a_i, a_{i+1} \in R$ Кантор).
11. Переставная симметрия ($a_i \leftrightarrow a_j$).
12. Зеркальная симметрия ($a_i \cdot -1 = -a_i$).

Ранее уже был предложен аналитический метод вычисления эллиптической и гиперболической траектории движения робота [6] на основе принципов перестановочной и зеркальной симметрии (11 и 12 в таблице автоморфизмов). Этот метод прост и доступен для дальнейших математических дифференцирований. Особое внимание было уделено теоретическому исследованию угла β в неортогональном базисе (рис. 2). Из этого угла можно получить аналитическую формулу для преобразования жордановых кривых и сложных нелинейных трансформаций.

Аналитический метод расчета доступен для сложных траекторий движения мехатронных систем. Точность реализации определена в рамках хранения данных и точности оборудования для их обработки. Как правило, люди создают симметричные мехатронные системы. Поэтому большинство мехатронных систем могут быть рассчитаны с помощью предложенного метода.

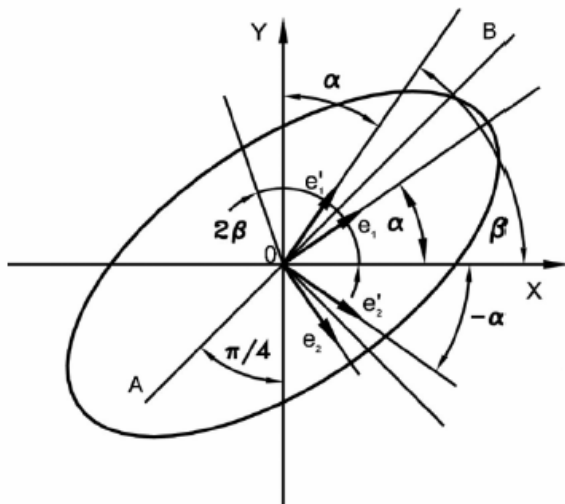


Рис. 2. Неортогональный базис

Расчет траектории движения робота с высокой точностью очень важен для эффективной и безопасной работы робота. Для расчета траектории часто применяется система параметрических уравнений круга или эллипса:

$$\begin{cases} x = a \cos t + h \sin t, \\ y = g \cos t + b \sin t, \end{cases} \quad (2)$$

где $a, b, h, g, t \in R$.

Новый механизм ориентации робота в пространстве может быть связан с таблицей симметрий внутри агента (изменяющейся) и пространства (неизменного) [7]. Все симметрии мы можем поделить на два типа: симметрии как свойства конкретного объекта и симметрии как фундаментальные свойства окружающей среды. Автоморфизмы объекта свяжем с понятием симметрии по Вейлю. Автоморфизмы среды свяжем с работами Дьедонне.

Для ориентации робота в пространстве на основе автоморфизмов выделим следующие виды симметрий:

1. Фундаментальные свойства евклидова пространства.
2. Свойства объекта распознавания в среде.
3. Фундаментальные свойства нейронной сети.
4. Свойства заданного набора нейронов, участвующих в процессе распознавания.

Данный метод должен увеличить скорость принятия решений роботом в критических ситуациях, ускорить работу робота в целом, улучшить качество распознавания окружающей среды, структурировать нейронную сеть.

Список литературы

1. *Verwer S., Eyraud R., Higuera C.* PAutomaC: a probabilistic automata and hidden Markov models learning competition. *Mach. Learn.* 96, 1-2 (July 2014), pp. 129-154.
2. *Тархов, Д.* Нейросетевые модели и алгоритмы : справочник. М. : Радиотехника, 2014. 352 с.
3. *Николенко, С. И.* Самообучающиеся системы / С. И. Николенко, А. Л. Тупушев. М. : МНЦМО, 2009. 288 с.
4. *Хайкин, С.* Нейронные сети. Полный курс. М. : Вильямс, 2016. 1104 с.
5. *Ложкин, А. Г.* Автоморфизмы : От зеркального к симметрии знаний : монография / А. Г. Ложкин, Н. Г. Дюкина. Ижевск, 2011. 182 с.
6. *Lozhkin A. G., Shubin V. A., Suslov Y. B., Bimakov E. V.* In the issue of robots design / *Proceedings of the 2017 IEEE Russia Section Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering ElConRus 2017*, 3 February 2017, pp. 930-933.

Д. И. Торхов, магистрант
И. О. Архипов, кандидат технических наук, доцент
Кафедра «Программное обеспечение»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Сопоставление изображений по гистограммам направлений контурных линий

Предлагается алгоритм для определения степени похожести двух цифровых изображений. Алгоритм основан на разбиении контуров объектов изображений на векторы и вычислении коэффициента корреляции гистограмм направлений этих векторов. Проводится эксперимент, в котором демонстрируется эффективность алгоритма и его инвариантность к повороту исходных изображений.

Ключевые слова: сопоставление изображений, контуры изображений, обработка и анализ цифровых изображений.

D. I. Torkhov, Master's Degree Student
I. O. Arkhipov, PhD in Engineering, Associate Professor
Department Software
Kalashnikov ISTU

Image matching via contour direction histograms

The paper proposes matching algorithm for two digital images. The algorithm is based on splitting images' contours into vectors and correlation index calculation between histograms of these vectors directions. An experiment is conducted to prove the algorithm's viability and image rotation invariance.

Keywords: image matching, image contours, digital image processing and analysis.

Задача сопоставления цифровых изображений занимает важное место в науке о машинном зрении. В большинстве случаев при ее решении предварительно вычисляются некоторый признак или набор признаков, которыми можно охарактеризовать изображение, и сопоставляют уже их [1]. Часто в качестве таких признаков выбирают геометрические характеристики изображений – особые точки, линии или области [2, 3]. Целью данной работы является разработка простого в вычислительном плане метода, позволяющего с большой долей вероятности определить, являются ли два снимка местности, сделанные летательным аппаратом, похожими; поэтому в качестве основы для алгоритма будет использоваться сравнение линий изображений, а именно контуров. Преимущество контуров перед другими типами

линий (например, остовами) состоит, во-первых, в том, что они описывают формы планарных объектов на изображениях, которые являются наиболее стабильными во времени [2]; во-вторых, в том, что исследование выделения контуров занимались многие ученые, сформировавшие внушительную базу методов и алгоритмов, позволяющих получить контуры хорошего качества на различных типах изображений.

Предлагаемый алгоритм сопоставления изображений состоит из следующих этапов:

1. Выделение контуров на изображениях.
2. Описание выделенных контуров.
3. Разбиение описанных контуров на векторы заданной длины.
4. Построение гистограмм направлений полученных векторов.
5. Сравнение гистограмм.

Выделение контуров

Процесс получения контуров обычно состоит из этапа построения контурного препарата и этапа обработки полученного препарата и получения контурного изображения.

Для построения контурного препарата будем использовать алгоритм, основанный на методе наименьших квадратах (МНК), предложенный в работе [4]. Этот контурный детектор согласно анализу [5] обладает оптимальным соотношением качества получаемых контуров и вычислительной сложности применительно к аэрофотоснимкам местности. Идея детектора на основе МНК состоит в построении плоскости для каждой точки (x, y, i) изображения, где x и y – координаты точки, а i – яркость изображения в точке (x, y) , которая минимально уклоняется от окрестности 3×3 этой точки. Угол между искомой плоскостью и плоскостью xu тем меньше, чем меньше варьируется яркость в окрестности точки (x, y) . Векторы нормали полученных плоскостей далее используются алгоритмом для аппроксимации вектора градиента изображения методом МНК.

Для обработки контурного препарата (градиента изображения) и получения изображения контуров используется двунаправленный алгоритм обхода, описанный в работе [6]. Основой алгоритма обхода является проход по гребню градиента (линии, у которой амплитуда градиента максимальна), при котором анализируется также направление градиента и число контурных точек в окрестности. Преимуществом данного алгоритма является соответствие получаемых контуров топологической модели [7], лежащей в основе последующего этапа описания контуров. Основное достоинство этой модели заключается в том, что полученные контуры имеют единичную (однопиксельную) ширину, что значительно облегчают процесс описания контуров, так как устраняется неоднозначность при обходе контурной линии.

Описание выделенных контуров

Алгоритм описания контуров представляет собой смесь алгоритмов поиска в глубину и ширину. Сначала производится поиск точки, принадлежащей контуру. Из найденной точки запускается поиск в глубину, который строит описание контурной ветви в виде последовательности координат точек и останавливается при достижении узла, после чего найденная точка добавляется в очередь. Типы узловых точек показаны на рис. 1. Поиск в глубину повторно запускается из каждой точки из очереди до тех пор, пока она не опустеет. Алгоритм повторяется до тех пор, пока не останется необработанных контурных точек.

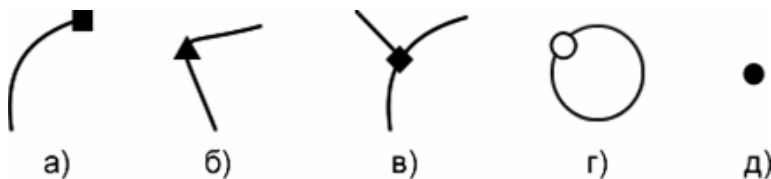


Рис. 1. Типы узлов: а – концевой; б – перегиб; в – ветвление; г – псевдоузел; д – одиночный [7]

Таким образом, описание каждого контура представляет собой список описаний входящих в него контурных ветвей, которые, в свою очередь, представлены в виде последовательности точек в порядке обхода ветви.

Недостатком данного описания по сравнению с дифференциальным цепным кодом [7] является больший объем требуемой для его представления памяти, однако он будет компенсироваться меньшей вычислительной сложностью последующего этапа разделения контурных линий на векторы.

Получение векторов описанных контуров

Для построения векторов по сформированным описаниям контуров зададим два порога – l_c и l_b , $l_c > l_b$. Порог l_c позволит отфильтровать контуры, суммарная длина ветвей которого меньше l_c . Порог l_b служит для фильтрации отдельных ветвей контура, длина которых меньше l_b . После этого действия из рассмотрения пропадут слишком короткие контуры, являющиеся, скорее всего, шумом, а также контуры с большим числом ветвлений и перегибов. По отфильтрованным контурам будет осуществлен проход, при котором каждые две точки (x_1, y_1) и (x_2, y_2) всех оставшихся ветвей, между которыми находится ровно l_b других точек, образуют вектор $\{x_2 - x_1, y_2 - y_1\}$.

Построение гистограмм направлений полученных векторов

По сформированному списку векторов построим гистограмму. Для каждого вектора (x, y) вычислим угол между ним и положительным направлением оси x , и если его величина выходит за пределы диапазона $\left[-\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{2}\right]$, то вместо нее будет взята величина угла между вектором $(-x, -y)$ и осью x . Величину столбца гистограммы, соответствующего вычисленному значению угла, увеличим на величину длины вектора $\overline{(x, y)}$. Благодаря этому размер гистограммы будет сокращен вдвое, а также пропадет зависимость от направления обхода контурных линий, что позволит добиться инвариантности разрабатываемого алгоритма к повороту изображения.

Сравнение гистограмм

В качестве меры для определения степени похожести двух гистограмм будем использовать коэффициент корреляции, вычисляемый по формуле

$$K = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}},$$

где x_i и y_i – суммарные длины векторов, имеющих угол наклона, попадающий в i -й интервал, для первой и второй гистограмм соответственно; $\bar{x}$ и $\bar{y}$ – среднее значение суммарной длины векторов всех возможных направлений первой и второй гистограмм; N – количество интервалов гистограммы.

Значение коэффициента корреляции варьируется в диапазоне $[-1; 1]$, где -1 означает, что гистограммы полностью независимы, а 1 – что гистограммы совпадают.

Результатом работы алгоритма должна стать максимальная величина коэффициента корреляции между первой гистограммой и всевозможными циклическими сдвигами второй гистограммы, благодаря чему обеспечивается независимость от угла поворота исходных изображений.

Эксперимент

Для проверки работоспособности алгоритма проведем эксперимент на трех аэроснимках, где первый и второй повернуты относительно друг друга на 45° , а на третьем изображена совершенно другая местность.

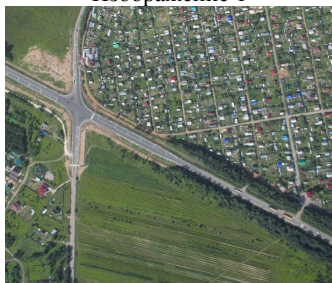
Исходные изображения представлены на рис. 2. По данным изображениям были вычислены коэффициенты корреляции cor_{12} , cor_{13} и cor_{23} при значениях длины вектора $l_b = \{5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40\}$ и при значениях $l_c = 4 \cdot l_b$.



Изображение 1



Изображение 2



Изображение 3

Рис. 2. Исходные изображения

В таблице представлены коэффициенты корреляции гистограмм изображений.

Результаты эксперимента

	$l_b = 5$	$l_b = 10$	$l_b = 15$	$l_b = 20$	$l_b = 25$	$l_b = 30$	$l_b = 35$	$l_b = 40$
cor_{12}	0,788	0,615	0,887	0,828	0,903	0,919	0,899	0,858
cor_{13}	0,746	0,578	0,635	0,627	0,769	0,641	0,535	0,521
cor_{23}	0,781	0,634	0,585	0,541	0,726	0,611	0,524	0,559

На рис. 3 показаны графики зависимости вычисленных корреляций от порогового значения длины вектора.

На рис. 4 показана зависимость критерия $c = \frac{2cor_{12}}{cor_{13} + cor_{23}}$, который

можно использовать для выбора оптимального значения параметра l_c (максимальное значение критерия соответствует наилучшему значению l_c , поскольку очевидно, что $cor_{12} > cor_{13}$ и $cor_{12} > cor_{23}$ для анализируемых в эксперименте изображений).

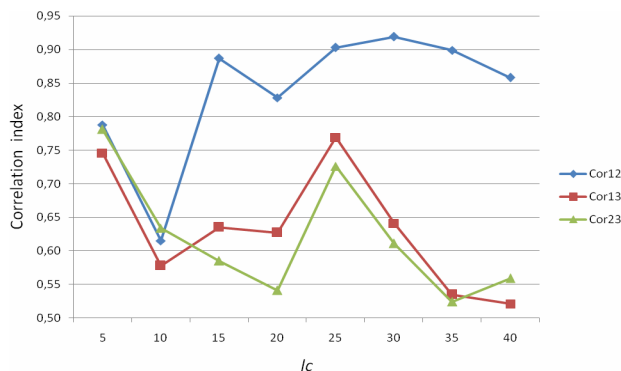


Рис. 3. Зависимости корреляций гистограмм от длины вектора l_c

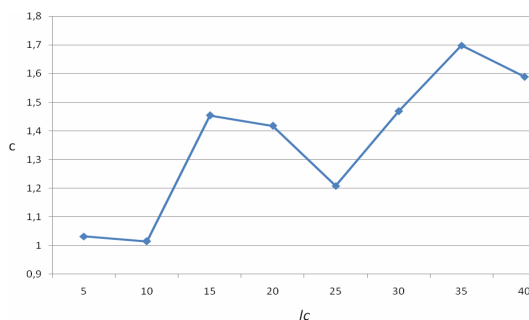


Рис. 4. Зависимость критерия c от длины вектора l_c

По графику на рис. 4 видно, что оптимальное значение параметра l_c лежит в диапазоне $[30; 40]$ для рассматриваемых изображений. Также на основании рис. 3 и 4 можно заключить, что пороговое значение коэффициента корреляции для различения положительно и отрицательно сопоставленных изображений может быть выбран из диапазона $[0,7; 0,8]$.

Список литературы

1. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. М. : Техносфера, 2005. 1072 с.
2. Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW IMAQ Vision / Ю. В. Визильтер, С. Ю. Желтов, В. А. Князь, А. Н. Ходарев, А. В. Моржин. М. : ДМК Пресс, 2007. 464 с.

3. Сопоставление характерных точек на последовательных кадрах в задачах аэронавигации по зрительным образам / А. Н. Максимов, М. О. Еланцев, И. О. Архипов, В. А. Широков // Молодые ученые – ускорению научно-технического прогресса в XXI веке : сборник материалов IV Всерос. науч.-техн. конф. аспирантов, магистрантов и молодых ученых с междунар. участием (Ижевск, 20-21 апреля 2016 г.) / отв. за выпуск: А. П. Тюрин, В. В. Сяктерева. Ижевск : ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2016. 1044 с. С. 428–432.

4. *Архипов, И. О.* Построение контуров структурных элементов графического изображения на основе метода наименьших квадратов / И. О. Архипов, А. И. Мурынов, Д. А. Юферев // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2015. № 4(68). С. 60–64.

5. *Торхов, Д. И.* Выбор контурного детектора в задачах аэронавигации по зрительным образам / Д. И. Торхов, М. О. Еланцев // Молодые ученые – ускорению научно-технического прогресса в XXI веке : сборник материалов IV Всерос. науч.-техн. конф. аспирантов, магистрантов и молодых ученых с междунар. участием (Ижевск, 20-21 апреля 2016 г.) / отв. за выпуск: А. П. Тюрин, В. В. Сяктерева. Ижевск : ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2016. 1044 с. С. 432–437.

6. *Архипов, И. О.* Двухнаправленный алгоритм обхода контурного препарата / И. О. Архипов, М. О. Еланцев // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2016. № 2(70). С. 107–109.

7. *Мурынов, А. И.* Топологическая модель линейчатых изображений на основе дифференциальных цепных кодов / А. И. Мурынов, И. О. Архипов, М. О. Еланцев // Приволжский научный вестник. 2015. № 11(51). С. 42–46.

П. Ю. Акилин, магистрант
Кафедра «Программное обеспечение»
Е. М. Марков, кандидат технических наук, доцент
Кафедра «Вычислительная техника»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Исследование алгоритма отслеживания множества объектов при условии временного перекрытия

Рассматривается подход к решению задачи о множественном отслеживании объектов. Реализация представляет собой алгоритм, использующий возможности фильтра Калмана и венгерского алгоритма для слежения за объектами при условии окклюзии. Анализируется эффективность данного решения для компенсации окклюзий.

Ключевые слова: машинное зрение, окклюзии, фильтр Калмана, венгерский алгоритм.

P. Yu. Akilin, Master student
Department of Software
E. M. Markov, Candidate of Technical Sciences
Department of Computer Engineering
Kalashnikov ISTU

Investigation of the algorithm for multiple objects tracking under the condition of temporary overlap

This article discusses an approach to solving the problem of multiple object tracking. The implementation is an algorithm that uses the capabilities of the Kalman filter and the Hungarian algorithm for tracking objects under occlusion. The article analyzes the effectiveness of this solution to compensate for occlusions.

Key words: machine vision, occlusion, Kalman filter, hungarian algorithm.

Машинное зрение позволяет автоматизировать обработку разных типов визуальных данных. Одной из задач систем машинного зрения является отслеживание множества движущихся объектов. Поэтому основными являются вопросы идентификации объектов в текущем кадре и как не потерять их в следующем. Сейчас задача отслеживания множества объектов играет значительную роль. Автоматизация отслеживания позволяет устранить человеческий фактор ошибки при наблюдении за многими целями

в режиме реального времени. Применение отслеживания возможно в таких случаях, как автоматическое отслеживание игроков в спорте, например футболе. Также слежение используется для сбора статистики перемещений людей, например: количество людей зашедших в магазин за день, наиболее предпочитаемый путь в наблюдаемой области и т. д.

При слежении за объектами возникают следующие основные задачи:

- выделить объекты слежения;
- сопоставить выделенные объекты с объектами отслеживания;
- спрогнозировать положения объекта отслеживания.

Для выделения объектов часто используются возможности библиотеки компьютерного зрения *OpenCV* [1].

После этапа работы выделения получаем список объектов в текущем кадре. Для задачи сопоставления необходимо решить проблему: объекты на текущем кадре соотнести с известными объектами на предыдущем кадре либо объявить о нахождении нового объекта.

Кроме того, возникает проблема перекрытия отслеживаемого объекта фоновыми участками или другими объектами.

В настоящее время существует множество подходов к решению задачи множественного отслеживания объектов [2].

Например, Kratz и Nishino [3] используют цветовую гистограмму для вычисления модели внешнего вида, которая затем преобразуется в вероятностную функцию расстояния между гистограммами для отслеживания. Однако методы, основанные на гистограммах, требуют значительных затрат памяти, чтобы справиться с увеличенным числом объектов в сцене. Nguyen и Smeulders [4] предлагают метод сопоставления шаблонов на основе внешнего вида для отслеживания объектов. В их работе элементы внешнего вида моделируются с помощью *фильтра Калмана*. Несмотря на эффективность, этот подход теряет эффективность при неоднородном освещении и окклюзиях [2].

Один из вариантов компенсации окклюзий – для каждого отслеживаемого объекта создается личный фильтр траектории. Фильтр позволяет прогнозировать координаты объекта в следующий момент времени (на следующем кадре) на основе анализа движений объекта (координаты, скорость, ускорение). В данном случае рассматривается фильтр Калмана.

Для соотнесения найденного объекта в текущем кадре с предыдущим кадром будем использоваться *венгерский алгоритм*.

Наиболее распространенной реализацией фильтра Кальмана при вычислениях является дискретный фильтр Калмана.

***Фильтр Калмана* [5]**

Алгоритм работает в два этапа. На этапе прогнозирования фильтр Калмана экстраполирует значения переменных состояния, а также их неопре-

деленности. На втором этапе по данным измерения (полученного с некоторой погрешностью) результат экстраполяции уточняется. Благодаря пошаговой природе алгоритма, он может в реальном времени отслеживать состояние объекта (без «заглядывания» вперед, используя только текущие замеры и информацию о предыдущем состоянии и его неопределенности).

Обозначим перемещение как d :

$$d = d_0 + vt + \frac{at^2}{2}, \quad (1)$$

где v – скорость; a – ускорение; t – время.

Модель матриц, описывающая связь между априорным и апостериорным состоянием на основе формулы (1), показана в следующей формуле:

$$\begin{pmatrix} x^p \\ y^p \\ v_x^p \\ v_y^p \\ a_x^p \\ a_y^p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & dt & 0 & 0,5dt^2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & dt & 0 & 0,5dt^2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & dt & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & dt \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ v_x \\ v_y \\ a_x \\ a_y \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где x – x -координата центра объекта; y – y -координата центра объекта; v_x – мгновенная скорость объекта в координате x ; v_y – мгновенная скорость объекта в координате y ; a_x – мгновенное ускорение в координате x ; a_y – мгновенное ускорение в координате y ; $x, y, v_x, v_y, a_x, a_y \in R$. Индекс p означает спрогнозированную величину.

После прогноза фильтр Калмана обновляет априорные состояние и корректирует спрогнозированные данные.

Венгерский алгоритм [6].

$O_{i,k}$ представляет объект в предыдущем кадре, а $O_{i,k+1}$ – в текущем кадре. В этом случае сравнительный параметр представляет собой *евклидово расстояние* между обнаруженным объектом в двух соседних видеокдрах (k и $k+1$).

Венгерский алгоритм – это способ выполнения связки между идентифицированными объектами в кадре k с неопознанными объектами в кадре $k+1$ путем нахождения минимальной стоимости евклидова расстояния в матрице соответствия.

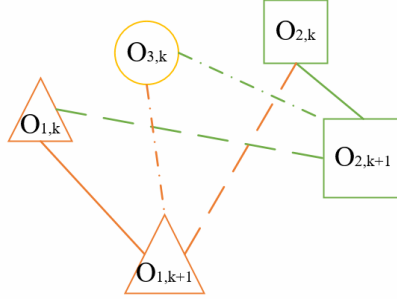


Рис. 1. Генерации матрицы соответствия

На основе рис. 1 матрица соответствия будет выглядеть следующим образом:

$$D_{k,k+1} = \begin{pmatrix} d_{1,1} & d_{1,2} & d_{1,3} \\ d_{2,1} & d_{2,2} & d_{2,3} \\ d_{3,1} & d_{3,2} & d_{3,3} \end{pmatrix},$$

где

$$d_{i,j} = \Delta r_{euclid} (O_{i,k}, O_{j,k+1}). \quad (3)$$

Исходя из формулы (3) получаем решение:

$$f = \text{Min}(\{D_{k,k+1}\}),$$

$$\{f : \{(O_{1,k+1} \rightarrow O_{1,k}), (O_{2,k+1} \rightarrow O_{3,k})\} | O_{i,k}, O_{i,k+1} \in R^2\}. \quad (4)$$

Используя описанную выше матмодель, Sahbani и Adiprawita разработали алгоритм отслеживания множественных объектов с обработкой окклюзий [5]. Этот алгоритм был реализован с помощью средств Microsoft Visual Studio 2015 и библиотеки компьютерного зрения *OpenCV*.

Тестирование алгоритма проводилось на трех видеоматериалах с множеством передвигающихся людей и закрывающих их объектов.

На рис. 2 показывается, как объект с номером 1 продолжает отслеживаться, хотя закрыт от поля зрения камеры деревом. Аналогичная ситуация представлена на рис. 3, но с более долгим временем окклюзии.



Рис. 2. Иллюстрация отслеживания объекта № 1 при окклюзии



Рис. 3. Иллюстрация отслеживания объекта № 2 при окклюзии

Точность решения проблемы окклюзии определим как отношение успешно обработанных окклюзий к общему числу произошедших окклюзий. Результаты представлены в таблице.

Результаты исследования

Тестовые видеоматериалы	Процент обработанных окклюзий, %
Atrium ¹	62
PETS09-S2L1 View_006 ²	39
PETS09-S2L1 View_008 ²	43

Прим. Видеоматериалы были взяты:

1. Сайт <https://www.youtube.com/> под названием Atrium
2. Сайт <http://cs.binghamton.edu/~mrl/data/pets2009.html> доступ к материалам по названию в таблице.

Заключение

В данной статье рассмотрен алгоритм отслеживания множества движущихся объектов. Оценка точности обработки окклюзий показала, что исследуемый алгоритм не способен обработать все окклюзии. Долговременные окклюзии обрабатывались с ошибками. Из достоинств обозреваемого подхода можно подчеркнуть малые вычислительные требования.

Список литературы

1. Майоров, А. В. Разработка алгоритма автоматического получения и распознавания номерных знаков / А. В. Майоров, Е. М. Марков // Молодые ученые – ускорению научно-технического прогресса в XXI веке : сб. науч. тр. / отв. за выпуск: А. П. Тюрин, В. В. Сяктерева. Ижевск : ИННОБА, 2016. С. 276–280.
2. Luo, W., Xing, J., Zhang, X. Multiple object tracking: a literature review. arXiv:1409.7618v3 [cs.CV], sep 2015.
3. Kratz, L., Nishin, K. Tracking with local spatiotemporal motion patterns in extremely crowded scenes. CVPR, 2010, С. 693-700.
4. Nguyen, H. T., Smeulders, A. W. M. Fast occluded object tracking by a robust appearance filter, IEEE Trans. *Pattern Anal. Mach. Intell.*, 2004, 26 (8), pp. 1099-1104.
5. Sahban, i B. and Adiprawita, W. Kalman filter and iterative-Hungarian algorithm implementation for low complexity point tracking as part of fast multiple object tracking system. Proc. Int. Conf. Syst. Eng. Technol., 2016, pp. 109-115.
6. Kuhn, H. The Hungarian method for the assignment problem. In 50 Years of Integer Programming 1958–2008, Springer, pp. 29-47.

Ю. А. Порсев, студент
Кафедра «Вычислительная техника»
Р. О. Султанов, кандидат технических наук, доцент
Кафедра «Программное обеспечение»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Система мониторинга компьютерной сети организации Cacti

Рассмотрена система мониторинга компьютерных сетей Cacti, применяемая в университете, проанализирован опыт ее использования, достоинства и недостатки.

Ключевые слова: система мониторинга, Cacti, сеть, хост, служба.

Yu. A. Porsev, Student
Department of Computer Engineering
R. O. Sultanov, PhD in Engineering, Associate Professor
Department of Software
Kalashnikov ISTU

Organization computer network monitoring system Cacti

This article considers the monitoring system of computer networks used at the University, analyses using experiment, advantages and disadvantages.

Keywords: Monitoring system, Cacti, network, host, service.

Мониторинг сети – это работа системы, выполняющей постоянное наблюдение за компьютерной сетью в целях поиска медленных или неисправных участков системы, которая также обнаруживает сбои и сообщает об этом системному администратору с помощью телефона, почты или других средств оповещения. Эти задачи необходимо выполнять для правильного управления сетью и ее контроля. Система мониторинга сети выполняет наблюдение за сетью и ищет проблемы, которые, чаще всего, могут быть связаны с перегруженными или не отвечающими на запросы серверами, другими устройствами или соединениями [1].

Целью данной работы является анализ и настройка графического отображения полученной информации при помощи средства мониторинга сети под названием Cacti.

Cacti – система с открытым исходным кодом. В качестве базы данных back-end используется MySQL (back-end database – база данных заднего плана, центральное понятие двухзвенных приложений, в которых действие

разделяется на front-end (передний план), отвечающий за взаимодействие с пользователем и необходимые расчеты, и back-end, где хранятся данные). Информация о метриках хранится в формате rrdtool, т. е. все данные метрик, как и сама Cacti, написаны на PHP. На клиентской стороне используется SNMP-демон (компьютерная программа в системах класса UNIX, запускаемая самой системой и работающая в фоновом режиме без прямого взаимодействия с пользователем), который отправляет данные на сервер Cacti [2].

Cacti позволяет снимать учетные данные с любого сетевого устройства по протоколу SNMP при учете, что у оборудования есть возможность работы с данным протоколом, в настоящее время его поддерживает большинство устройств [3].

Из наиболее важных преимуществ Cacti в сравнении со своими аналогами можно отметить качественный WEB-интерфейс; возможность расширения за счет написания модулей, реализующих необходимый дополнительный функционал; наличие готовых шаблонов для различного сетевого оборудования и прочее. Но стоит отметить и несколько недостатков, и в первую очередь то, что первоначальная установка и настройка Cacti занимает больше времени, нежели установка ее аналогов, также для своей работы Cacti необходимо наличие некоторого софта, на установку которого также требуется время, – это MySQL, PHP, RRDTool на сервере, где он будет установлен [3].

Процесс мониторинга в Cacti строится из следующих этапов:

- установка на сервер snmpd-демона;
- конфигурирование идентификатора сервера;
- добавление хоста Cacti.

По умолчанию доступен мониторинг базовых ресурсов – CPU, память, трафик. Все остальные параметры (Nginx, MySQL, почта и прочие) будут доступны для мониторинга после установки сторонних дополнительных плагинов. В том числе и для того, чтобы настроить возможность отправки Cacti уведомлений на e-mail, требуется плагин. Также необходим сторонний плагин и для мониторинга URL (доступности сайта), настройки уведомлений по достижению или превышению заданных определенных значений и прочего [3].

Процесс настройки вывода графика заключается в следующем [3]:

- выбрать сервер, график и метрику, например, System, User, загрузка CPU;
- во вкладке Devices в левой части экрана выбрать хост, графики которого необходимо отобразить, убедиться, что в разделе Associated Graph Templates добавлен пункт CPU Usage;
- выбрать пункт Create Graphs for this Host, расположенный вверху страницы, указать пункты, которые нужно отобразить в графическом пред-

ставлении, это может быть, например, загрузка CPU, сетевые интерфейсы и прочие параметры, нажать кнопку Create;

- в появившемся окне выбрать цвет отображения графика для каждой метрики, после выбора нажать кнопку Create;

- после возврата в окно настроек хоста в верхней части появятся сообщения об успешном создании графических данных;

- перейти в пункт Graph Trees в левой части окна и выбрать Default Tree;

- в меню Tree Items нажать кнопку Add;

- в Tree Item Type указать Host, и выбрать то имя, которое было присвоено устройству;

- после заполнения всех полей нажать кнопку Create.

Чтобы на графиках появились первые данные, нужно дождаться запуска обработчика графиков Casti, который стартует с интервалом в 5 минут [3].

В Casti все графические данные представляются в виде дерева. По умолчанию создано одно дерево с именем Default Tree. Имеется возможность создания своих графических деревьев, группируя их по определенной классификации [3].

Отличительной особенностью системы мониторинга Casti является ее наглядность, а именно получение графиков. В ходе работы в этой системе были настроены и выведены следующие графики (рис. 1–5).

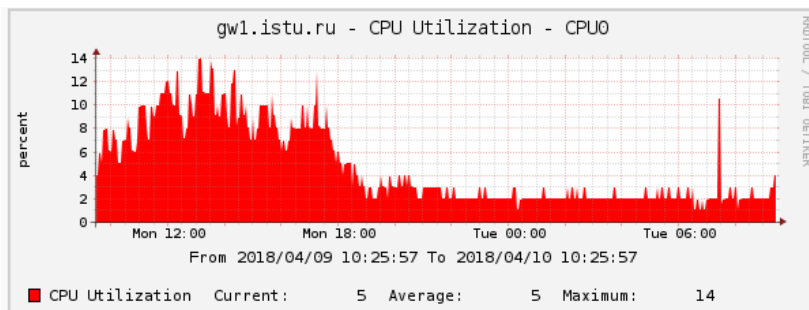


Рис. 1. График использования процессора

По рис. 1 можно оценить, как использовался процессор главного шлюза gw1. Данный график позволяет охарактеризовать одни сутки. По оси абсцисс расположены интервалы времени, по оси ординат – загруженность в процентах. Исходя из графика, можно сделать вывод, что наиболее интенсивно CPU использовался в промежутках между 12 и 14 часами 9 апреля 2018 г.

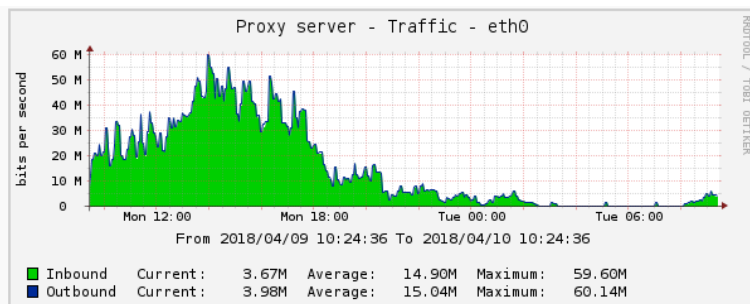


Рис. 2. Трафик прокси-сервера

Исходя из данных рис. 2 оценивается объем информации, передаваемой через сеть за определенный период времени. График также приведен за сутки. По оси абсцисс расположены интервалы времени, по оси ординат – скорость интернет-соединения в мегабитах в секунду. График позволяет увидеть, что в 14 часов 9 апреля 2018 г. скорость передачи данных достигала 60 Мбит/сек.

На рис. 3 приведен яркий пример, когда коммутатор перестал отвечать на проверочные запросы, отправляемые ПО Сacti, о чем было сформировано предупреждающее сообщение.

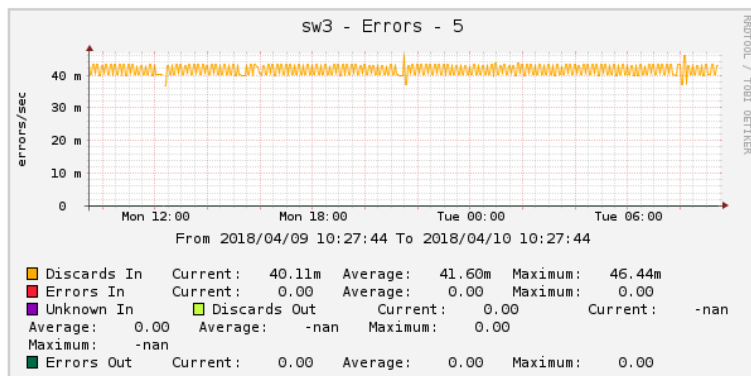


Рис.3. График при недоступности коммутатора sw3

Из рис. 4 делается вывод о возникших задержках пересылки пакетов, используемых утилитой ring для проверки состояния хостов. По оси абсцисс расположены интервалы времени, по оси ординат – время, необходи-

мое для пересылки-получения пакета, в миллисекундах. На рисунке видны 5 всплесков, возникшие вследствие максимальной загруженности прокси-сервера. Они были зафиксированы в 12 часов дня, в 14 и в 15 часов 9 апреля 2018 г., в 6 часов утра и в 7:30 10 апреля 2018 г.

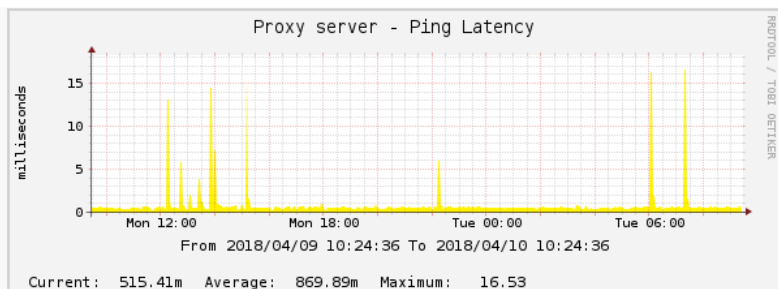


Рис. 4. Задержки ping

График, приведенный на рис. 5, показывает исключительные ошибки, возникшие на шлюзе. По оси абсцисс расположены интервалы времени, по оси ординат – количество возникающих ошибок, измеряемое в количестве ошибок в секунду. В 12 часов дня 9 апреля 2018 г. их было зафиксировано максимальное количество – 6 ошибок в секунду. Данная информация является дополнительной, используется для анализа сети в совокупности с остальными графиками.

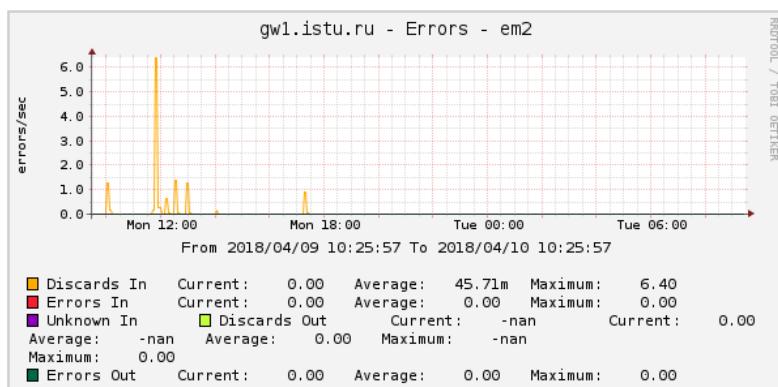


Рис. 5. Исключительные ошибки

Вывод

При помощи системы мониторинга Cacti в ИжГТУ имени М. Т. Калашникова организовано ведение статистики по используемому трафику, отслеживание загруженности процессоров серверов, ошибок, возникающих в ходе работы сетевого оборудования, интервалов задержек ping. Несомненные преимущества Cacti в том, что используемое ПО не требует в отличие от других, например Zabbix, установки на проверяемые хосты дополнительных агентов.

В процессе написания данной статьи выполнены поставленные цели: проведен анализ программы и настройка графиков, выявлены дальнейшие направления возможной модернизации, оценены достоинства и недостатки системы в целом. В настоящий момент в Cacti не реализована возможность отправки сообщений, информирующих, например, о превышении некоторого установленного порога трафика или возникающих ошибок в ходе работы сетевого оборудования, поэтому в ходе дальнейшей работы с рассмотренным ПО, возможно, в будущем внести некоторые доработки.

Можно сделать вывод, что мониторинг в Cacti осуществляется либо посредством SNMPD, в котором прописана отправка информации на сервер через существующие скрипты, либо с помощью плагинов, которые устанавливаются на сервер Cacti. Cacti определяет среднюю загрузку ЦП на сервере; на сколько процентов увеличилась средняя загрузка памяти на сервере за определенный период времени; сколько DNS-запросов приходит на сервер; на сколько процентов увеличилось количество спама, приходящего на почтовый сервер за определенный период времени.

В дальнейших исследованиях планируется добавить функционал в виде базы данных и базы знаний по каждому наблюдаемому сетевому устройству; по кабинетам университета ввести статистику используемых устройств и материалов (кабели, розетки) по сроку их допустимого использования для своевременной замены подходящих к концу срока эксплуатации и планирования ремонтных работ, чтобы предотвратить всевозможные нештатные ситуации.

Список литературы

1. Мониторинг компьютерной сети.
URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Мониторинг_компьютерной_сети (дата обращения: 22.03.2018).
2. Cacti – The Complete RRDTool-based Graphing Solution.
URL: <https://www.cacti.net> (дата обращения: 22.03.2018).
3. Установка и настройка Cacti. URL: <http://system-administrators.info/?p=2619> (дата обращения: 03.04.2018).

М. В. Втюрин, аспирант
С. В. Моченов, кандидат технических наук, профессор
Кафедра «Вычислительная техника»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

К вопросу об автоматизации сокращения объема и выделения значимой для пользователя информации при обработке русскоязычных текстов

Рассматривается возможность применения исследователями специализированного алгоритма сокращения объема текстовой информации при обработке русскоязычных текстов. Актуальность работы обосновывается необходимостью сокращения времени на извлечение исследователем полезной информации при анализе больших объемов текста. Это может быть использовано при реферировании статей, составлении аннотаций, проведении научного поиска. Осуществлен выбор критериев выделения значимой информации и представлен алгоритм, позволяющий сократить объем текстовой информации, анализируемой пользователем в автоматическом режиме. В дальнейшем планируется введение дополнительных критериев, проведение необходимых экспериментов с целью определения степени влияния каждого из критериев на весовую характеристику предложения внутри фрагмента текста.

Ключевые слова: сокращение объема текста, анализ текстовой информации, автоматизация, информационная система, выделение значимой информации.

М. V. Vtyurin, Post-graduate
S. V. Mochenov, PhD in Engineering, Professor
Department of Computer Engineering
Kalashnikov ISTU

On the question of automating volume reduction and highlighting information that is meaningful to the user in the processing of Russian-language texts

The article considers the possibility of researchers using a specialized algorithm to reduce the amount of textual information in the processing of Russian-language texts. The relevance of the work is justified by the need to shorten the time for the researcher to extract useful information in the analyzing large volumes of text. This can be used in the referring articles, composing annotations, conducting scientific research. The selection criteria for highlighting significant information has been made and an algorithm has been introduced that allows reducing of the amount of textual information analyzed by the user in automatic mode. Further, it is planned to introduce additional criteria, carry out the

necessary experiments to determine the degree of influence of each of the criteria on the weighting of the sentence within the text fragment.

Keywords: reduction of the volume of text, analysis of text information, automation, information system, allocation of useful information.

Задачи автоматизированной обработки неразмеченных текстов на естественном языке являются актуальными для различных сфер применения. При этом особую роль приобретают способы, предназначенные для структуризации текста в зависимости от целей, которые ставит перед собой пользователь при выполнении исследований. Особенно актуальны подходы [1], обеспечивающие сокращение объема информации при проведении научного поиска, автоматизации процессов реферирования больших статей, автоматического извлечения полезной информации из новостных потоков.

Для решения подобных задач разрабатываются различные информационно-поисковые системы, программные комплексы, работающие на основе применения правил, составляемых экспертом. При этом система должна выделить в тексте фрагменты с данными, интересующими пользователя, и отобразить их в определенном формате.

Поиск и выделение полезной для пользователя информации может быть выполнен различными способами [2–5]. Одним из таких способов является разработка методов формирования структуры всего текста или его отдельных частей.

Автор научной статьи отражает свой замысел в тексте, имеющем определенную логику и структуру. Как правило, в каждом научном тексте можно выделить три основные части: введение, основную часть и заключение.

Во введении определяется тема, осуществляется ее анализ, определяется актуальность работы и результаты, которые предполагается получить. Формулируются основные положения и методы, которые будут отражены в тексте научной работы для достижения поставленных целей.

В основной части автором излагается основной материал, связанный с решением сформулированных задач. Это самая большая часть работы, и, как правило, она делится на несколько частей.

Заключение в первую очередь включает в себя выводы, результаты проведенной работы. Здесь с позиций автора дается краткое описание основных положений, изложенных в статье. Делаются некоторые предположения о направлении дальнейших исследований.

Следует отметить, что аналогичную структуру имеет не только сам текст, но и его абзацы, главы, разделы. Довольно часто в начале такого фрагмента текста содержится тема, проводится анализ примеров, аргументов, а в конце формируется вывод, и вводится «связка», представляющая собой некоторый фрагмент текста, позволяющий определить содержание

следующей части текста научной работы (абзаца, параграфа, главы, раздела и т. д.).

Таким образом, наиболее полезная информация, содержащая основные выводы, располагается частично во введении, но в большей степени – в заключении.

Определяя в тексте или в его фрагментах начальные и конечные части, можно примерно установить месторасположение информации, наиболее значимой с точки зрения автора, которая может представлять интерес для пользователя. За счет этого может быть существенно сокращен объем текста, который необходимо проанализировать пользователю.

Для автоматизации сокращения объема текста в данной работе предлагается набор критериев, по которым каждому фрагменту текста присваиваются весовые характеристики. Выбирая фрагменты с наивысшими характеристиками, можно быть сформирован результат, отражающий основные идеи абзаца, главы, раздела и т. д.

В качестве одного из таких критериев могут быть использованы маркеры, указывающие на значимость предложения в соответствующем фрагменте. В некоторых предложениях текста довольно часто встречаются такие словосочетания, как *таким образом, в заключение, можно сделать вывод, в результате* и др. Такие словосочетания-маркеры указывают на наличие во фрагменте определенного итогового результата, значимого, по мнению автора, который может представлять интерес для исследователя.

С другой стороны, в качестве критерия может быть использован вариант, в котором отсутствуют такие маркеры, как *во-первых, во-вторых, например* и т. п. Такие маркеры указывают на подробности, примеры, перечисления, раскрытие некой информации. Эта информация не несет большой информативной нагрузки для всего текста в целом, но позволяет автору статьи или научной работы обосновать те или иные получаемые результаты.

Таким образом, в рассматриваемом в данной статье подходе с целью сокращения объема текста, анализируемого исследователем (пользователем) за основу берется месторасположение значимой информации в соответствующем фрагменте. Например, если предложение находится в начале или конце абзаца, то ему присваивается более высокая весовая характеристика по сравнению с предложениями, которые расположены в середине абзаца.

Очевидно, что необходимо каким-то образом анализировать размер абзаца. Принимается, что если абзац состоит из двух-трех предложений, то в процессе анализа они используются полностью.

Кроме этого, в качестве критерия устанавливается принадлежность предложения одному из последних фрагментов абзаца, раздела, главы и т.п. В таких фрагментах часто содержатся выводы, и они не всегда подходят

под структуру *ведение – основная часть – заключение*. В таких случаях сохраняются все предложения, которые входят в такие фрагменты.

На рис. 1 представлен упрощенный алгоритм работы информационной системы анализа текста на основе изложенного выше подхода.

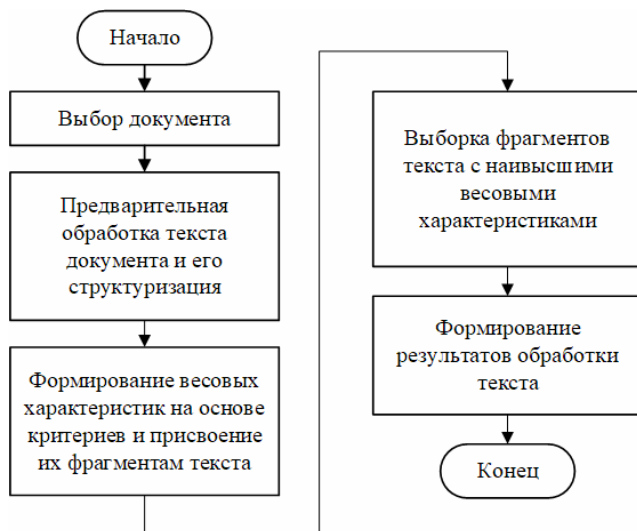


Рис. 1. Алгоритм сокращения объема текста на основе набора критериев

На рис. 2 приведен пример распределения весовых характеристик в выбранном фрагменте текста.

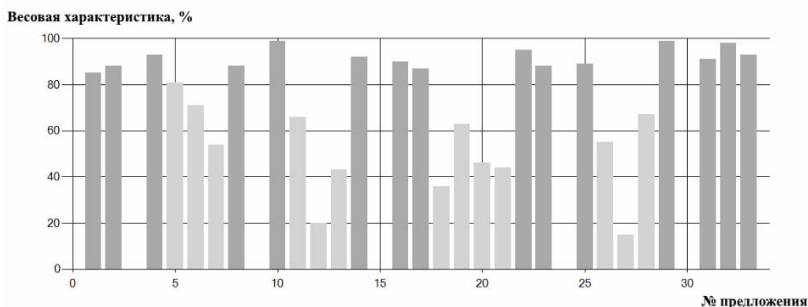


Рис. 2. Весовые характеристики предложений

В результате применения описанных выше критериев для сокращения объема текста в данном примере из 28 анализируемых предложений осталось 15 предложений, показанных на рис. 2 более темным оттенком.

Необходимо отметить, что тот или иной критерий сокращения объема текста может оказывать разное влияние на весовую характеристику предложения внутри фрагмента. В дальнейшем планируется провести работу по введению дополнительных критериев и экспериментов, в ходе которых будет определяться степень влияния каждого из критериев на весовую характеристику предложения внутри фрагмента.

Список литературы

1. Luhn H. P. The automatic creation of literature abstracts. *IBM Journal of Research and Development*. 1958. Vol. 2, № 2. Pp. 159-165. URL: <https://text-analysis.googlecode.com/files/luhn58.pdf> (дата обращения: 22.03.2018)/

2. Бледнов, А. М. Об одном методе статистической фильтрации текстовой информации / А. М. Бледнов, С. В. Моченов, Ю. А. Луговских // Современные информационные технологии и письменное наследие: от древних рукописей к электронным текстам : материалы междунар. науч. конф. (Ижевск, 13–17 июля 2006 г.). Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2006. С. 126–130.

3. Втюрин, М. В. Разработка информационной системы для уменьшения объема текстовой информации в процессе информационного поиска / М. В. Втюрин, А. И. Ястребов, С. В. Моченов // Интеллектуальные системы в производстве. 2017. Т. 15, № 3. С. 94–99.

4. Курушин, Д. С. О возможном подходе к созданию системы автоматического реферирования / Д. С. Курушин, Н. М. Нестерова, И. Г. Овчинникова // Вопросы психолингвистики. 2014. № 2(20). С. 123–128.

5. Бледнов, А. М. Векторная модель представления текстовой информации / А. М. Бледнов, С. В. Моченов, Ю. А. Луговских // Современные информационные технологии и письменное наследие от древних рукописей к электронным текстам : материалы междунар. науч. конф. (Ижевск, 13–17 июля 2006 г.) / отв. ред. В. А. Баранов. Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2006. С. 136–145.

И. С. Кренив, студент
А. Ю. Вдовин, кандидат технических наук, доцент
Кафедра «Вычислительная техника»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Сравнение максимальной производительности наиболее популярных неавтономных гипервизоров

Выполняется оценка максимальной производительности неавтономных гипервизоров в схожей конфигурации на конкретном персональном компьютере для ОС Linux и Windows. За основу измерения производительности взяты результаты тестов производительности конкретной виртуализируемой операционной системы. Представлены рекомендации по использованию того или иного гипервизора в зависимости от ситуации.

Ключевые слова: виртуализация, виртуальная машина, ВМ, гипервизор, производительность, тестирование производительности.

I. S. Krenev, Student
A. Yu. Vdovin, PhD in Engineering, Associate Professor
Department of Computer Engineering
Kalashnikov ISTU

Top performance comparison of the most popular non-native hypervisors

The top performance of the most popular, similarly configured non-native hypervisors, running on the same machine for Linux and Windows is evaluated. The performance is measured on benchmark results achieved on the same virtual operating system. As a result, the most relevant use case of each hypervisor is presented, depending on the benchmark scores.

Keywords: virtualization, virtual machine, VM, hypervisor, performance, benchmarking.

Управляемые современными гипервизорами виртуальные машины широко применяются в различных ситуациях, при этом часто бывает необходимо обеспечить высокую производительность, например, в случае использования или тестирования конкретного программного обеспечения на различных операционных системах. Возникает необходимость добиться максимальной производительности виртуальной машины, сохранив гибкость ее настройки и удобство использования.

В данном исследовании будет оценена производительность наиболее популярных, ориентированных на конечного пользователя неавтономных (работающих одновременно с основной операционной системой) гипервизоров. Будут выделены наиболее производительные гипервизоры, работающие под управлением операционных систем Windows и Linux.

Аппаратное обеспечение

1. Процессор – AMD FX 4300. Виртуальные машины используют ресурсы всех четырех ядер процессора.

2. Материнская плата – Gigabyte 970A-DS3P.

3. Видеоадаптер – AMD Radeon R7 260X.

4. Диск – Western Digital WD10EZEX.

5. Виртуальным машинам выделяется 4 Гб оперативной памяти.

Виртуализируемая ОС – Windows 8.1 (64-битная). Все гипервизоры используют аппаратную виртуализацию AMD-V.

В ОС на основе ядра Linux 4.15.7-1x86_64 была протестирована производительность:

1. KVM (kernel virtual machine) – модуля ядра, обеспечивающего виртуализацию

2. Xen 4.10.0 – сервера виртуализации для UNIX-подобных систем

Замечание: виртуальные машины, использующие Xen или KVM, исполняются в модифицированных эмуляторах QEMU, поддерживающих аппаратное ускорение, предоставляемое Xen или KVM [1, 2].

Для управления виртуальными машинами был использован API libvirt, интерфейс для взаимодействия с libvirt 4.0.0-1 – virt-manager 1.5.1-1 [3].

В ОС Windows 8.1 (64-битная) оценивалась производительность:

1. VMware Player 14.

2. Oracle VirtualBox 5.2.8.

Центральный процессор

Даже при аппаратной виртуализации гипервизоры KVM и Xen обладают широкими возможностями задания свойств виртуального процессора – от его модели и наборов инструкций до топологии. Для достижения оптимальной производительности следует обозначить модель как «проброс хостового ЦП» (host-passthrough), передающую практически полную информацию о физическом устройстве.

Замечание: при использовании KVM свойство топологии процессора «количество потоков» определяет количество потоков на одно ядро, а не для всего процессора

При использовании версии ядра Linux ниже 4.14 на процессоре AMD необходимо убедиться, что в гипервизоре включена функция *вложенных*

страниц памяти (nested paging). При ее отсутствии будет применяться медленный программный механизм трансляции адресов памяти вместо аппаратного быстрого индексирования виртуализации (Rapid Virtualization Indexing), что создаст дополнительную нагрузку на процессор. Недоступное для Windows включение больших страниц памяти (hugepages) незначительно увеличивает производительность, однако делает включенные страницы недоступными хостовой системе на основе Linux. Результаты тестирования приведены на рис. 1–4.

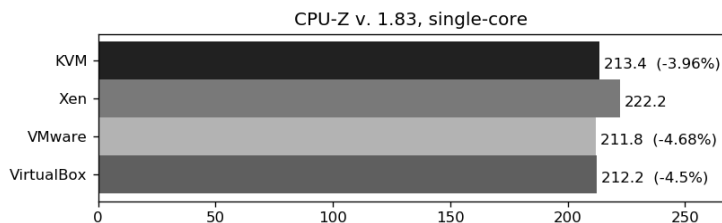


Рис. 1. Результаты тестирования ЦП в CPU-Z версии 1.83, используется одно ядро

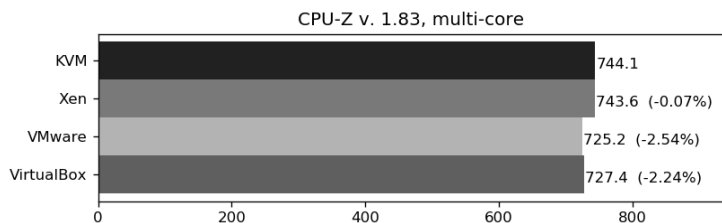


Рис. 2. Результаты тестирования ЦП в CPU-Z версии 1.83, используются все ядра

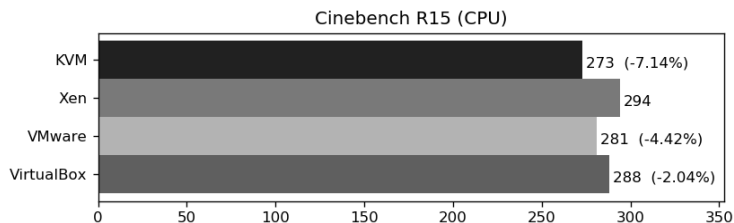


Рис. 3. Результаты тестирования ЦП в Cinebench R15

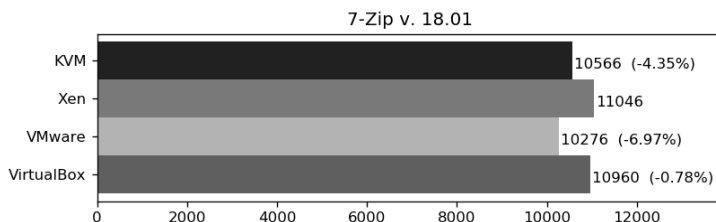


Рис. 4. Результаты тестирования ЦП в тесте производительности 7-Zip версии 18.01

Наибольшая производительность была достигнута при использовании Xen, разница в производительности среди всех гипервизоров незначительна.

Видеоподсистема

В виртуальных машинах на KVM и Xen допускается использование физического устройства PCI- или PCI-Express. В тестах производительности был использован физический видеоадаптер хоста для достижения наивысшей производительности (в виртуальных графических адаптерах, допустимых при использовании с KVM и Xen, не реализовано аппаратное 2D- и 3D-ускорение).

Для использования физических PCI- или PCI-Express устройств в виртуальной машине необходима аппаратная поддержка блока управления памятью ввода-вывода (IOMMU), присутствующая в большинстве современных материнских плат настольных компьютеров. Виртуальной машиной может использоваться только группа (или группы) устройств, организуемая IOMMU; к примеру, видеокарта и ее звуковая подсистема HDMI являются различными устройствами, но чаще всего входят в одну группу. Различные патчи ядра (наиболее распространенный – ACS Override) могут реализовывать способы перегруппировки устройств. Нельзя одновременно использовать занятую группу устройств в нескольких ОС [4].

Замечание: драйверы современных видеокарт Nvidia для Windows прекращают работу при обнаружении использования видеокарты виртуальной машины. Применение патча к драйверам – наиболее универсальный способ восстановления их работы.

Виртуальные видеоадаптеры VirtualBox и VMware Player используют ресурсы физического видеоадаптера и поддерживают 2D- и 3D-ускорение. В связи с реализацией использования имеют место ограничения по объему видеопамати (был выделен максимум – 256 Мб VirtualBox, 2 Гб – VMware Player) и поддержке функций графических API. Это серьезный недостаток при использовании 3D-приложений. Результаты тестирования приведены на рис. 5–7.

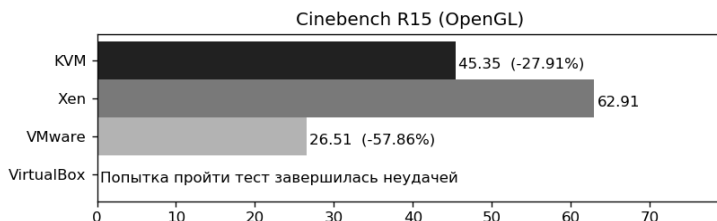


Рис. 5. Результаты тестирования видеоподсистемы в Cinebench R15

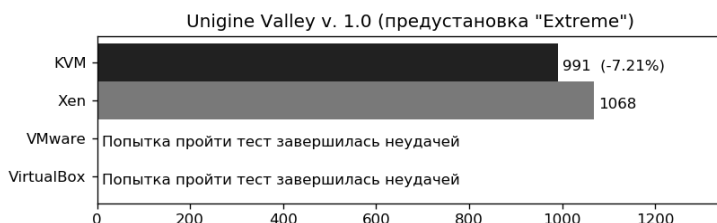


Рис. 6. Результаты тестирования видеоподсистемы в Unigine Valley версии 1.0, предустановка Extreme



Рис. 7. Результаты тестирования видеоподсистемы в Furmark версии 1.19.0.0, предустановка 1440 (QHD)

Производительность физического видеоадаптера в приложениях, требующих большого объема видеопамати, в Xen значительно выше, чем в KVM. Это может быть вызвано причиной неоптимального управления гипервизором IOMMU.

Дисковая подсистема

Во всех гипервизорах возможно использование как физического носителя, так и файлового контейнера динамического или фиксированного размера в качестве хранилища. Все виртуальные машины использовали файловые контейнеры для обеспечения наилучшей переносимости и виртуаль-

ную дисковую шину IDE (выбор шины не влияет на скорость обмена данными в отличие от физических дисковых возможностей).

Наиболее интересной опцией для KVM и Xen является кэширование и его режим для виртуальных накопителей. При установке режима кэширования в значении *отсутствует* (none), *нативный* (native) и использовании виртуального SCSI-контроллера Red Hat VirtIO можно достичь скорости последовательного чтения и записи в 2 Гб/с. При этом необходимы существенные затраты ресурсов оперативной памяти и процессора, в связи с чем подобные конфигурации не были использованы.

Все гипервизоры кроме Xen поддерживают создание *снимков* (snapshot) виртуальной машины для быстрого восстановления в предыдущее состояние. Предполагается, что при использовании Xen создание *снимков* возлагается на ОС. Результаты тестирования сведены в таблицу.

Результаты тестирования скорости дисковой подсистемы

<i>R</i> – чтение, <i>W</i> – запись, Мб/с	KVM		Xen		VMWare		VirtualBox	
	<i>R</i>	<i>W</i>	<i>R</i>	<i>W</i>	<i>R</i>	<i>W</i>	<i>R</i>	<i>W</i>
Последовательное, глубина очереди 32, 1 поток	290,7	201,7	86,63	21,97	118,2	116,5	105,0	87,35
Случайное, блоки 4 Кб, глубина очереди 32, 1 поток	21,18	18,04	3,070	2,608	1,904	1,978	2,125	2,349
Последовательное, глубина очереди 1, 1 поток	19,01	15,71	3,066	2,439	1,933	1,964	2,194	2,125
Случайные блоки 4 Кб, глубина очереди 1, 1 поток	16,36	14,44	2,715	2,262	0,638	1,870	0,701	2,657
Задержка доступа, мс	3,66		5,73		4,72		4,21	

Наименее гибкой и производительной оказалась дисковая подсистема Xen, наиболее приближенная к реальной скорости диска – в VirtualBox.

Сетевая подсистема и оперативная память

Для обеспечения соединений между ОС хоста и виртуальной ОС был использован механизм трансляции сетевых адресов через виртуальный адаптер типа *мост* (bridge), виртуальный сетевой адаптер – Red Hat VirtIO Network Adapter (обеспечивающий максимальную скорость обмена данными). Результаты оценки скорости передачи данных (по протоколам TCP,

UDP, ICMP) варьировались в пределах ± 1 %, что связано с погрешностями тестовых программ.

Различия в результатах тестирования работы оперативной памяти (чтение, запись, копирование, задержка) также незначительны (в пределах 1 %).

Выводы

При использовании хостовой операционной системы на основе ядра Linux для достижения максимальной производительности ЦП и устройств PCI-Express (для проведения ресурсоемких расчетов или при тестировании, что предъявляет повышенные требования к скорости работы программ) следует использовать Xen. При необходимости обеспечения виртуальной машины повышенной скоростью дисковой подсистемы, а также гибкостью управления (в том числе удобного создания *снимков*) более предпочтительным является вариант с использованием KVM, если допустимы незначительные потери производительности устройств PCI-Express.

При использовании Windows в качестве операционной системы хоста следует использовать VMware Player, по ряду параметров превосходящий вариант с использованием VirtualBox.

Список литературы

1. The Xen Project wiki. URL: <https://wiki.xenproject.org> (дата обращения: 05.03.2018).
2. Chirammal H., Mukhedkar P., Vettathu A. Mastering KVM Virtualization. Packt Publishing, 2016, pp. 21-75.
3. Libvirt wiki. URL: <https://wiki.libvirt.org> (дата обращения: 04.03.2018).
4. Nieh J., Tsafir D., Bugnion E. Hardware and Software Support for Virtualization, 2017, pp. 29-120.

А. И. Ястребов, магистр
М. В. Втюрин, аспирант
С. В. Моченов, кандидат технических наук, профессор
Кафедра «Вычислительная техника»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Разработка информационной системы сжатия текстов на естественном языке

Обсуждаются вопросы анализа текстов на естественном языке с целью извлечения наиболее информативной составляющей текста на основе статистики слов. Это позволяет сократить объем информации, обрабатываемой пользователем в процессе информационного поиска. Разработан алгоритм сжатия текста и информационная система. Проведена экспериментальная проверка работоспособности системы сжатия текста.

Ключевые слова: морфология, система сжатия текста, тексты на естественном языке, статистика слов.

A. I. Yastrebov, Master's Degree Student
M. V. Vtyurin, Post-graduate
S. V. Mochenov, PhD in Engineering, Professor
Department of Computer Engineering
Kalashnikov ISTU

Development of an information system for the compression of texts in natural language

The article discusses the analysis of texts in natural language with the aim of extracting the most informative component of the text on the basis of word statistics. This allows you to reduce the amount of information processed by the user in the process of information retrieval. The algorithm of text compression and information system is developed. An experimental check of the operability of the text compression system was carried out.

Keywords: morphology, system of compression of texts, texts in a natural language, statistics of words.

Задачи извлечения и структуризации данных из неразмеченных текстов на естественном языке являются актуальными для различных сфер применения. Сокращение объема обрабатываемой информации в автоматическом режиме позволяет сократить время, затрачиваемое исследователем на извлечение фактов, которые могут быть полезны исследователю в процессе выполнения научной работы. Кроме того, сокращение объема текста анали-

зируемых статей может быть использовано для составления общего реферата, аннотации, ключевых слов и представления результатов анализа в сжатом виде.

В данной работе предлагается алгоритм выделения полезной информации, получаемой на основе обработки больших объемов текста. Способ основан на выделении предложений из текста на основе статистических данных, характеризующих основную часть информационного потока, а именно имен существительных [1, 2]. Алгоритм предполагает выделение наиболее информативных частей текста в объеме, определяемом пользователем.

Основной целью исследований было выявление закономерностей и построение алгоритмов, обеспечивающих сокращение объема информации, обрабатываемой пользователем в процессе информационного поиска.

Структурная схема разрабатываемой системы сжатия текстовой информации представлена на рис. 1. Она включает в себя следующие модули: пользовательский интерфейс, модуль работы с морфологическим словарем Зализняка [3], модуль набора статистики, модуль сокращения текста.

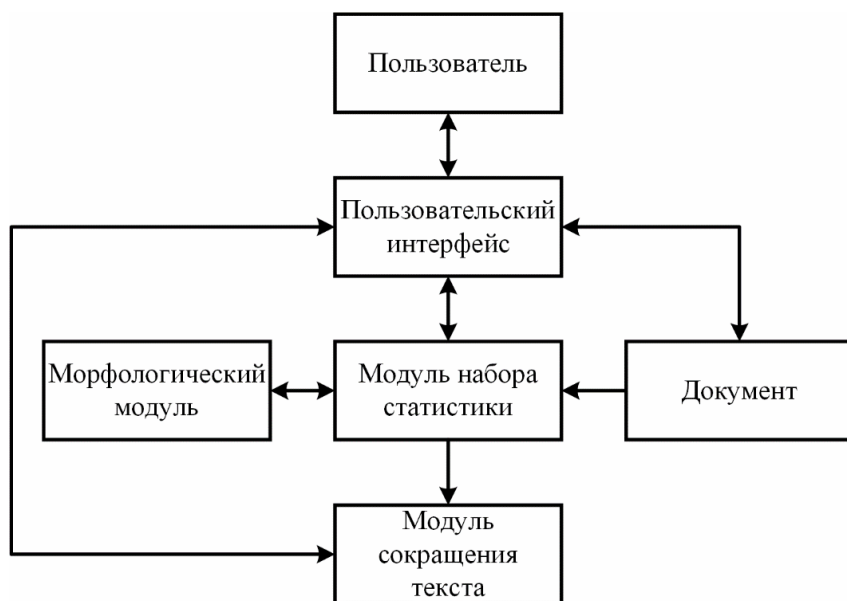


Рис. 1. Структурная схема системы сжатия текста

В процессе анализа документа осуществляется автоматическое деление текста на предложения и слова, составляется словарь всех существительных и неизвестных слов (при помощи морфологического словаря Зализняка). Этим словам присваивается вес, соответствующий количеству повторений конкретных слов в тексте. Каждому предложению присваивается определенный критерий, представляющий собой сумму весов существительных, находящихся в данном предложении. По этому критерию отбираются предложения для построения сокращенного варианта исходного текста.

В сокращенном варианте текста сохраняется естественная последовательность предложений. Пользователь может задавать уровень сжатия текста в процентах. Блок-схема алгоритма работы системы представлена на рис. 2.

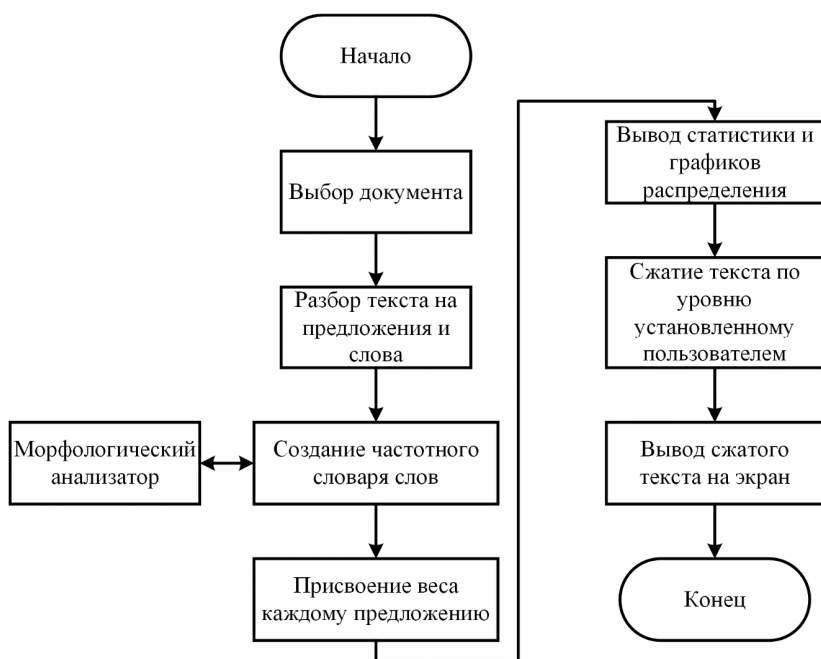


Рис. 2. Блок-схема алгоритма работы системы сжатия текста

Разработанный графический интерфейс позволяет:

- выводить исходный текст (см. рис. 3), а также выводить статистику по существительным и по не известным словам (см. рис. 4);

- строить гистограмму распределения слов от наиболее часто используемых однокоренных до отсутствующих в словаре Зализняка (см. рис. 4);
- присваивать известным существительным с разными падежами одинаковые веса;
- выводить статистику весов предложений (см. рис. 5);
- строить гистограмму распределения весов предложений в тексте (см. рис. 5);
- формировать сжатую версию текста по заданному пользователем критерию сжатия. Система допускает возможность сокращения текста до пяти предложений (см. рис. 6);

В результате было разработано главное окно программы, представленное на рис. 3.

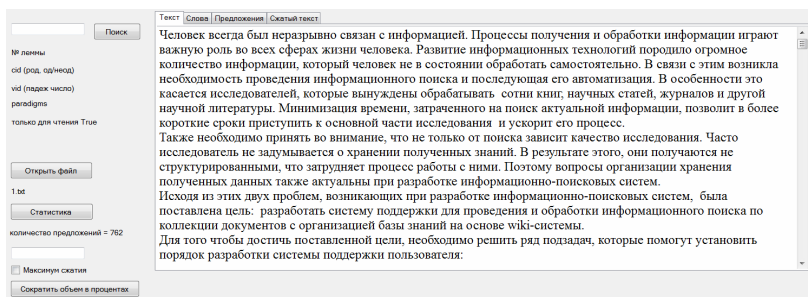


Рис. 3. Главное окно программы

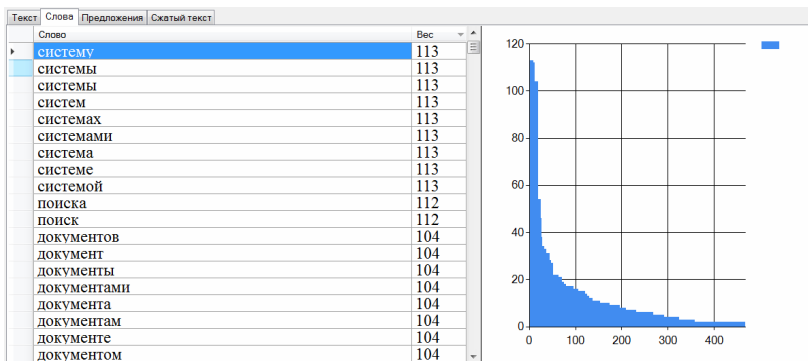


Рис. 4. Статистика и гистограмма слов

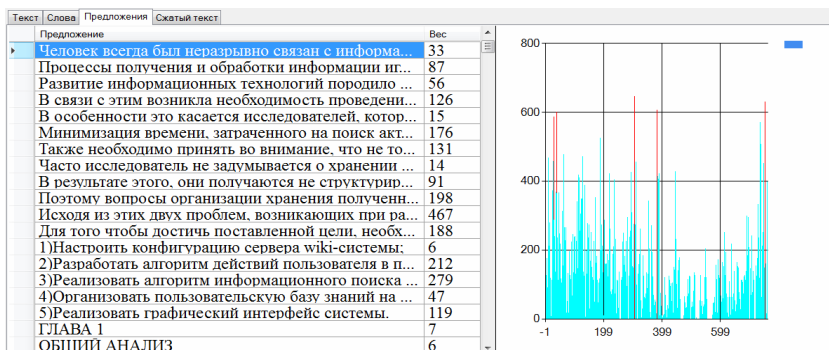


Рис. 5. Статистика предложений и их распределение на гистограмме (со включенным сжатием до 5 предложений)

В документальных информационно-поисковых системах поиск реализован по тематическим запросам из массива текстов или документов и предоставлением пользователю подмножества документов или копий этих документов. Наряду с фактографическими информационно-поисковыми системами, которые осуществляют поиск и накопление информации по одному типу объектов и запросов, существуют и более развитые системы, которые обеспечивают поиск и хранение данных, разнообразных по структуре или содержанию, но такое разнообразие всегда является конечным. Исходя из анализа инструментов полнотекстового поиска, была выбрана библиотека Xapian, так как она ориентирована на встраивание в разрабатываемую систему и не требует установки дополнительного программного обеспечения, а также осуществляет быстрый поиск и автоматическую сортировку результатов поиска по релевантности, что не требует разработки дополнительных алгоритмов и значительно упрощает обработку полученных данных. Было установлено, что система должна обладать пользовательским интерфейсом, модулем работы с базой данных и сомою базой данных, модулем поиска, wiki-системой и коллекцией документов для поиска. Главными достоинством разработанной системы является быстрый поиск по коллекции документов и систематизация и единое хранение всех документов, полученных в результате информационного поиска, что позволяет более качественно обрабатывать результаты.

Рис. 6. Сжатая версия исходного текста

Программная часть системы реализована на языке программирования C# в среде разработки *Microsoft Visual Studio 2010* [4] с использованием стороннего модуля морфологического разбора.

В данной статье было описано решение задачи разработки системы сжатия текста при осуществлении информационного поиска. Разработан алгоритм сжатия текста, интерфейс пользователя. Проведена экспериментальная проверка работоспособности системы сжатия текста.

Предложенный алгоритм и разработанная на его основе система сжатия позволяет значительно упростить выявление информативной составляющей текста.

Список литературы

1. Бледнов, А. М. Разработка и исследование моделей и информационной технологии семантико-синтаксического анализа русскоязычного текста : дис. ... канд. техн. наук. Ижевск : ИжГТУ, 2007. 120 с.
2. Бледнов, А. М. Об одном методе статистической фильтрации текстовой информации / А. М. Бледнов, С. В. Моченов, Ю. А. Луговских // Современные информационные технологии и письменное наследие: от древних рукописей к электронным текстам : материалы междунар. науч. конф. (Ижевск, 13–17 июля 2006 г.). Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2006. С. 126–130.
3. Морфоанализатор: Описание морфоанализатора mcr.dll.
URL: <http://macrocosm.narod.ru/index.html> (дата обращения: 18.03.2018).
4. MSDN: сеть разработчиков Microsoft. URL: <https://msdn.microsoft.com/ru-ru/default.aspx> (дата обращения: 18.03.2018).

Р. Р. Хаметов, магистрант
С. В. Вологдин, доктор технических наук, профессор
Кафедра «Информационные системы и технологии»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Автоматизация процесса продаж в ИТ-компании

Рассматривается процесс автоматизации продаж в ИТ-компании. Описывается организация процесса продаж и используемые информационные системы для автоматизации данного процесса.

Ключевые слова: автоматизация, процесс продаж, ИТ-компания, информационные системы.

R.R. Khametov, Master's Degree Student
S.V. Vologdin, Doctor of Engineering Sciences, Professor
Department of Information systems and technologies
Kalashnikov ISTU

Automation of the sales process in the IT-company

This article examines the process of automating sales in an IT-company. Describes the organization of the process of sales and use of information systems to automate this process.

Keywords: automation, sales process, IT-company, information systems.

В настоящий момент наблюдается повышенный интерес к автоматизации и оптимизации деятельности компаний на основе протекающих в них бизнес-процессов. Особенно это важно для малых и средних предприятий. Бурное развитие информационных технологий помогает решить проблемы автоматизации с помощью применения комплексных информационных систем. Использование таких систем позволяет не только автоматизировать бизнес-процессы на предприятии, но и оптимизировать их.

Одним из главных процессов почти на любых предприятиях является процесс продаж. Именно этот процесс позволяет компании получать прибыль и дает новый толчок к развитию организации в целом, а комплексная автоматизация бизнес-процессов позволяет компаниям получить конкурентное преимущество на рынке, позволяющее эффективней вести бизнес [1].

Одной из составляющих процесса продаж является телемаркетинг. Это довольно новое и перспективное направление прямого маркетинга. Обычно

под этим термином понимается процесс продажи, ведение переговоров с клиентом, убеждение в совершении сделки или процесс договоренности о заключении сделки, а также обслуживание после процесса продажи с помощью телефона, компьютера и других средств связи [2].

Чтобы телемаркетинг работал на полную мощность, необходима способность хорошо вести телефонные переговоры с целью изучения покупательского спроса клиента, организации рекламной кампании и привлечения клиентов. Телемаркетинг – особенно актуальное и перспективное направление в сфере делового общения. Спрос рождает предложение – по этой схеме и произошло появление данного направления деятельности [3].

В основе этого определения лежит более емкая концепция маркетинга – исследование рынка. В этот процесс входят десятки вариантов методов исследования, а не только один процесс продажи. Целями телемаркетинга могут быть:

- продажи по телефону;
- поиск новых клиентов;
- сбор и актуализация данных о клиентах;
- проведение опросов, анкетирование.

Всего существует два вида телемаркетинга: исходящий и входящий. Исходящий имеет место тогда, когда по телефону проводится анкетирование либо рекламируется товар или услуга. Входящий телемаркетинг – это горячие линии различных фирм или, как их еще называют, coll-центры.

Целью исходящего телемаркетинга является увеличение продаж и получение новой информации, используемой для увеличения продаж, посредством прямого контакта с потенциальными клиентами. Целью входящего телемаркетинга является анализ и обработка доступной информации для поддержания и улучшения продаж. Примером входящего телемаркетинга является услуга «горячая линия», которая предоставляет справочные и консультационные услуги потенциальным и активным клиентам.

Оба типа телемаркетинга успешно используются для маркетинговых исследований. Такие телефонные исследования имеют ряд преимуществ по сравнению с другими способами сбора информации. Например, опрос респондентов на улице – длительное и дорогостоящее мероприятие: необходимо нанять группу интервьюеров, которая будет работать в течение нескольких недель, а опрос по телефону позволяет обработать большую клиентскую базу за более короткий срок.

Есть определенные сферы, для которых актуально применение телемаркетинговых технологий:

- продажа товаров и услуг;
- выявление потребностей предполагаемого клиента;

- прогнозирование реагирования клиента на предложение;
- организация деловых встреч между менеджерами компаний и потенциальными клиентами;
- выявление лиц, заинтересованных и принимающих решения по предоставленным предложениям;
- поиск спонсоров;
- получение обратной связи после проведения какого-либо мероприятия;
- сбор информации по актуальным темам;
- оценка потенциальных потребителей для выбора наиболее перспективных направлений деятельности [4].

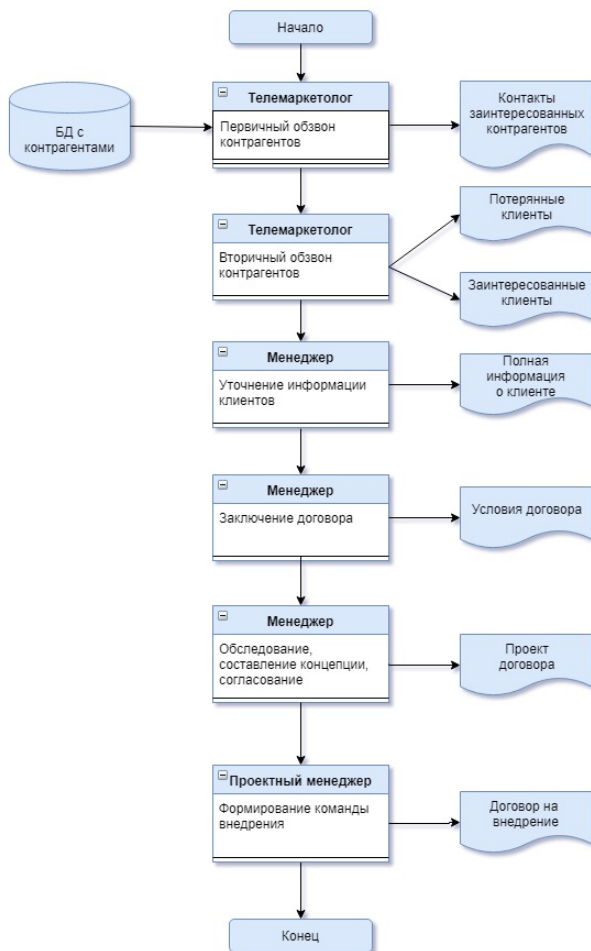
Телемаркетинг, без сомнений, очень важный процесс на предприятии, которое занимается продажами, и не только. Описание этого процесса изображено на рисунке.

Для автоматизации процесса продаж и процесса телемаркетинга в частности используются различные информационные системы. Одной из таких систем является CRM (Customer Relationship Management). Данная система позволяет автоматизировать процесс продаж и максимально упростить и увеличить эффективность процесса телемаркетинга.

С помощью CRM возможно управление большими клиентскими базами, а встроенная телефония позволяет выполнять звонки клиентам прямо из программы, не используя сторонний софт. Также данная информационная система позволяет грамотно настраивать рабочий день индивидуально под каждого пользователя.

Так как зачастую телемаркетолог совершает в день около сотни звонков, ему важно знать всю необходимую информацию о контрагенте. Писать информацию на бумаге или хранить ее в табличном виде крайне неудобно, и это создает трудности, если необходимо найти какую-то важную информацию. CRM позволяет хранить полную информацию о контрагенте, и пользователь может без каких-либо проблем легко найти ее. Немаловажным является и календарь, который способен напоминать о важных событиях.

CRM также имеет возможность управления процессом продаж. В своем арсенале данная информационная система имеет такую функцию, как построение воронки продаж. Данный принцип наглядно покажет, на каком этапе продаж происходит наибольший отсев клиентов и тем самым поможет менеджеру по продажам понять какие процессы можно изменить или улучшить для уменьшения потери клиентов и увеличения эффективности процесса продаж.



Процесс телемаркетинга

CRM нужна, чтобы:

1. Не потерять потенциального клиента, не пропустить ни одного входящих вызовов или запроса. В малом и среднем бизнесе конкуренция очень высока, поэтому компании прилагают большие усилия, чтобы привлечь внимание потенциальных клиентов.

2. Контролировать работу сотрудников и стандартизировать работу с клиентами. Без единой стандартной системы CRM каждый сотрудник

работает так, как он привык. Кто-то ведет записи в электронных таблицах, кто-то в записной книжке или на листочке, а кто-то вообще не ведет записи, а полагается исключительно на свою память.

3. Пополнять статистическую базу, что также очень важно для успешного развития любого бизнеса. Благодаря использованию CRM-системы вся рабочая информация собирается в одной общей базе данных в стандартизированной форме. В результате менеджер может анализировать статистику работы, создавать различные отчеты, которые помогут проанализировать работу и распланировать последующую работу гораздо эффективней.

4. Реализовать новые готовые решения, которые могут быть использованы для создания собственной системы работы. CRM-система – это большой набор полезных инструментов, которые в грамотных руках, могут стать очень большим конкурентным преимуществом.

Список литературы

1. Вологдин, С. В. Комплексная автоматизация бизнес-процессов УФПС Удмуртской Республики – филиала ФГУП «Почта России» / С. В. Вологдин, Е. К. Старкова // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2016. № 2(70). С. 105–106.

2. Цели телемаркетинга и сферы его применения [Электронный ресурс]. URL: <http://www.marketingweek.ru/79.html> (дата обращения: 10.04.2018).

3. Сейлз по телефону [Электронный ресурс]. URL: http://www.ihl.ru/expert_17.html (дата обращения: 10.04.2018).

4. Телемаркетинг [Электронный ресурс]. URL: http://www.ratix.ru/stati/biznes/v_rossii_nikak_ne_razberutsya_s_telemarketingom/ (дата обращения: 10.04.2018).

Ю. А. Порсев, студент
Кафедра «Вычислительная техника»
Р. О. Султанов, кандидат технических наук, доцент
Кафедра «Программное обеспечение»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Система мониторинга компьютерной сети организации Nagios

Рассмотрена система мониторинга компьютерных сетей Nagios 3, применяемая в университете, проанализирован опыт ее использования, а также добавлен функционал в виде оповещений системного администратора посредством смс-сообщений.

Ключевые слова: система мониторинга, Nagios, сеть, хост, служба.

Yu. A. Porsev, Student
Department of Computer Engineering
R. O. Sultanov, PhD in Engineering, Associate Professor
Department of Software
Kalashnikov ISTU

Organization computer network monitoring system Nagios

This article considers the monitoring system of computer networks Nagios 3 used at the University, analyses using experiment, and also added functionality in the form of system administrator alerts on SMS.

Keywords: monitoring system, Nagios, network, host, service.

Мониторинг сети – это работа системы, выполняющей постоянное наблюдение за компьютерной сетью в целях поиска медленных или неисправных участков системы, которая также обнаруживает сбои и сообщает об этом системному администратору с помощью телефона, электронной почты или других средств оповещения. Эти задачи необходимо выполнять для управления сетью и контроля за ней. Система мониторинга сети выполняет наблюдение за сетью и ищет проблемы, которые чаще всего могут быть связаны с перегруженными или не отвечающими на запросы серверами, другими устройствами или соединениями [1].

Nagios – программа с открытым кодом, предназначенная для мониторинга компьютерных систем и сетей: наблюдения, контроля состояния вычислительных узлов и служб, оповещения администратора в случае, если какие-то из служб прекращают (или возобновляют) свою работу [2].

Nagios в университете установлен и функционирует на сервере статистики под управлением ОС Linux.

В ПО Nagios предусмотрена возможность разбиения проверяемых объектов на группы. Это удобно тем, что группам можно задавать отдельные параметры, которые конфигурируют способ проверки, ее интервалы и прочее, в том числе и параметры отображения в web-интерфейсе. Рассмотрим возможность построения карты сети [3].

На рис. 1 представлена карта сети, построенная ПО Nagios в автоматическом режиме из данных, внесенных в конфигурационный файл при заполнении хостов и служб, над которыми ведется наблюдение. Nagios предоставляет возможность выбора в выпадающем меню структуры представления карты: древовидная или в виде окружности.

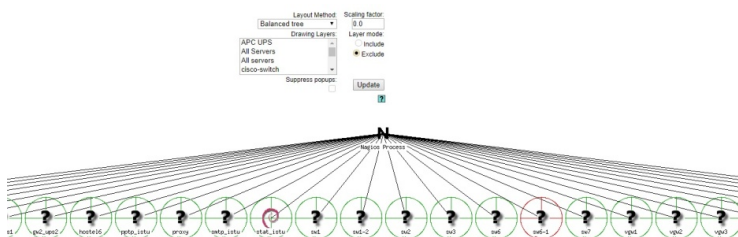


Рис. 1. Карта сети

В ходе работы в системе мониторинга сети системный администратор получает информацию о работе хоста или сервиса. На рис. 2 представлена информация, характеризующая работу сайта системы электронного обучения e-learning.istu.ru.

Host State Information	
Host Status:	UP (for 2d 22h 24m 45s)
Status Information:	PING OK - Packet loss = 0%, RTA = 0.82 ms
Performance Data:	rta=0.820000ms;5000.000000;5000.000000;0.000000 pl=0%;100;100;0
Current Attempt:	1/10 (HARD state)
Last Check Time:	2018-04-10 09:19:08
Check Type:	ACTIVE
Check Latency / Duration:	0.201 / 0.013 seconds
Next Scheduled Active Check:	2018-04-10 09:24:18
Last State Change:	2018-04-07 10:57:38
Last Notification:	2018-04-07 10:57:38 (notification 0)
Is This Host Flapping?	NO (0.00% state change)
In Scheduled Downtime?	NO
Last Update:	2018-04-10 09:22:18 (0d 0h 0m 5s ago)

Рис. 2. Информация о состоянии сервиса e-learning istu.ru

Рассмотрим параметры, которые характеризуют проверяемый хост или службу.

Host Status – UP. Данная строка означает, что сайт доступен, в скобках приведено время безотказной работы с момента последнего запуска.

Status Information – PING OK говорит о том, что все пакеты, отправленные утилитой ping, доставлены без ошибок; RTA (Round Trip Average) – среднее время отклика на команду ping, находится в пределах нормы.

Performance Data – расширенная расшифровка предыдущего пункта.

Current Attempt – текущая попытка проверки статуса (первая из 10, по прошествии которых сайт будет считаться недоступным, и Nagios направит сообщение об этом).

Last Check Time – время последней проверки.

Check Type – ACTIVE – статус проверки: активна.

Check Latency/Duration – время задержки пересылки пакетов.

Next Scheduled Active Check – время очередной проверки.

Last State Change – последние внесенные изменения.

Last Notification – последнее полученное от программы уведомление.

Is This Host Flapping – проверка на нестабильность хоста.

In Schedule Downtime – запланированное время простоев.

Last Update – последнее обновление статуса.

По рис. 3 можно сказать, что Host Status – DOWN говорит о недоступности хоста. Остальные поля аналогичны вышеприведенным.

В настоящее время в программе настроено оповещение системного администратора о проблемах, обнаруженных Nagios, письмом на электронную почту (e-mail).

Host State Information

Host Status:	DOWN (for 1139d 23h 33m 12s)
Status Information:	CRITICAL - Host Unreachable (sw6-1.istu.ru)
Performance Data:	
Current Attempt:	1/10 (HARD state)
Last Check Time:	2018-04-10 09:20:38
Check Type:	ACTIVE
Check Latency / Duration:	0.120 / 3.035 seconds
Next Scheduled Active Check:	2018-04-10 09:25:48
Last State Change:	2015-02-25 09:49:58
Last Notification:	2015-02-25 09:49:58 (notification 1)
Is This Host Flapping?	NO (0.00% state change)
In Scheduled Downtime?	NO
Last Update:	2018-04-10 09:23:08 (0d 0h 0m 2s ago)

Рис. 3. Информация о неиспользуемом хосте

Задачей настоящей работы является добавление в ПО Nagios оповещения системного администратора о событиях, регистрируемых программой, посредством sms-сообщений.

Чтобы это реализовать, понадобится приобрести и установить в сервер gsm-модем.

Следующим этапом работы будет внесение изменений в конфигурационные файлы системы мониторинга.

Определение контакта через директиву `define` используется для идентификации пользователя, с которым следует связаться в случае возникновения проблем в сети. Аргументы определения контакта описаны ниже.

```
#####
# contacts.cfg
#####

#####
#
# TIMEPERIOD
#
#####

define timeperiod{
    name                nonsleep
    alias                nonsleep
    timeperiod_name      nonsleeptime
    monday               07:00-22:00
    tuesday               07:00-22:00
    wednesday             07:00-22:00
    thursday              07:00-22:00
    friday                07:00-22:00
    saturday              07:00-22:00
    sunday                07:00-22:00
}

define timeperiod{
    name                fullweekends
    timeperiod_name      fuulweekends
    saturday             00:00-24:00
    sunday               00:00-24:00
}
```

Рис. 4. Скриншот конфигурационного файла контактов

В файл `contact.cfg` внесем периоды оповещений. Период времени может быть задан в различных форматах, в том числе в формате даты, дня, повторяющегося в рамках года, определенного дня недели или числа месяца и прочего.

В университете было принято решение настроить оповещения по дням недели. Определение `timeperiod` содержит поля, благодаря которым настраиваются оповещения. Выберем период времени, в которое будет удоб-

но получать уведомления от программы. Для этого присвоим наименование (name) – nonsleep, псевдоним (alias, директива, используемая для идентификации периода времени) – nonsleep, timeperiod_name – nonsleeptime (имя, используемое для идентификации периода времени). Далее каждому дню недели устанавливаем приемлемые периоды для оповещения. С понедельника по воскресенье установим возможность отправки смс-сообщений ПО Nagios системному администратору, начиная с 7 до 22 часов.

Для праздничных дней установим круглосуточную возможность отправки уведомлений. Для этого зададим еще одно определение: name – fullweekends; timeperiod_name – fuulweekends; для полей saturday, sunday задать время, доступное для оповещения с 00 до 24 часов.

```
#####
#####
#
# CONTACTS
#
#####
# In this simple config file, a single contact will receive all alerts.

define contact{
    contact_name      _____
    alias             _____
    service_notification_period    nonsleeptime
    host_notification_period        nonsleeptime
    service_notification_options    w,u,c,r
    host_notification_options        d,r
    service_notification_commands    notify-by-sms
    host_notification_commands        host-notify-by-sms
    email              _____@_____
    pager              +79 _____
}
```

Рис. 5. Настройка контактов для оповещения

Далее необходимо настроить контакты, на которые будут приходить оповещения. Для этого заполним поля определения contact [4]:

- contact_name – имя контакта, которое в последующем используется для добавления администратора в группу контактов;
- alias – его псевдоним;
- service_notification_period – nonsleeptime, указанное в предыдущем конфигурационном файле, служащее для связывания и передачи информации между cfg-файлами, необходимыми для работы программы (директива используется для указания наименования периода времени, в течение которого контакт может быть уведомлен о проблемах или восстановлении работы службы);

– `host_notification_period` – `nonsleeptime` (то же, что и `service_notification_period`, но для уведомления о проблемах или восстановлении работы хоста);

– `service_notification_options` – укажем параметры: `w`, `u`, `c`, `r` (директива используется для определения состояний службы, по которым уведомления отправляются указанному контакту. Допустимые параметры представляют собой сочетание одного или нескольких ключей: `w` – `WARNING` (предупреждение), `u` – `UNKNOWN` (неизвестная ошибка), `c` – `CRITICAL` (критическая ошибка), `r` – `RECOVERY` (восстановление работоспособности службы) и `f` – `FLAPPING` (служба то доступна, то нет, т.е. плавающее состояние). Если указать ключ `n` (`none`), контакт не будет получать никаких уведомлений о работе службы);

– `host_notification_options` – укажем параметры: `d`, `r` (определяет, при каких состояниях отправлять уведомления: `d` – `DOWN` (хост перестал отвечать на запросы), `u` – `UNREACHABLE` (хост недоступен), `r` – `RECOVERY` (работа хоста восстановлена), `f` – `FLAPPING` (хост то доступен, то нет, т.е. плавающее состояние), `n` – `NONE` (отключить все уведомления));

– `service_notification_commands` – `notify-by-sms` (директива определения списка имен команд, используемых для уведомления контакта о проблеме службы или ее восстановлении, если перечислено несколько команд, они должны быть разделены запятыми, команды уведомления выполняются, когда контакт должен быть оповещен);

– `host_notification_commands` – `host-notify-by-sms` (то же, что и `service_notification_commands`, но для хоста).

– `email` – адрес электронной почты системного администратора (директива определения адреса электронной почты для отправки уведомлений);

– `pager` – номер телефона в международном формате, начиная ввод с +7.

```
#####
#####
#
# CONTACT GROUPS
#
#####
#####

# We only have one contact in this simple configuration file, so there is
# no need to create more than one contact group.

define contactgroup{
    contactgroup_name    adm
    alias                Nagios Adm
    members              :
}
```

Рис. 6. Настройка группы контактов для оповещения

Определение группы контактов используется для группировки одного или нескольких контактов с целью отправки оповещений, уведомлений о сложившихся ситуациях.

Представленный на рис. 6 cfg-файл необходимо заполнить, иначе уведомления приходить не будут. Он содержит следующие поля [4]:

- contactgroup_name – adm (директива имени для идентификации группы контактов);
- alias – Nagios Adm (директива имени для идентификации группы контактов);
- members – указываем contact_name из предыдущего конфигурационного файла (CONTACTS) (директива для определения списка имен контактов, которые включены в группу. Несколько имен контактов должны быть разделены запятыми).

Теперь перейдем к заполнению следующего не менее важного файла конфигурации command.cfg, в котором будет определен вид отправляемого сообщения для проверок сервисов и хостов, обработчики событий и принимающих уведомлений.

Рассмотрим подробнее каждое поле, которое нам предстоит заполнить [4]:

- command_name (директива идентификации команды);
- command_line (директива определения того, что фактически выполняется Nagios, когда команда используется для проверки службы или хоста, уведомлений или обработчиков событий. Перед выполнением все допустимые макросы заменяются соответствующими значениями).

Точка с запятой служит для написания комментариев.

```
define command{
    command_name    notify-by-sms
    command_line    /usr/bin/sendsms $CONTACTPAGER$ '$NOTIFICATIONTYPE$: $HOSTNAME$($HOSTADDRESS$)
$SERVICEDESC$ is $SERVICESTATE$ ($HOSTOUTPUT$) Time: $SHORTDATETIME$'
}
define command{
    command_name    host-notify-by-sms
    command_line    /usr/bin/sendsms $CONTACTPAGER$ '$NOTIFICATIONTYPE$: $HOSTNAME$($HOSTADDRESS$)
is $HOSTSTATE$ ($HOSTOUTPUT$) Time: $SHORTDATETIME$'
}
```

Рис. 7. Настройка вида сообщения

Данный файл условно разбит на 2 блока. В верхнем блоке настраиваются необходимые параметры для вывода оповещений, связанных с работой службы, в нижнем – параметры для оповещений, связанных с работой хоста.

Верхний и нижний блок характеризует ряд параметров [5]:

- sendsms – стандартный сервис Linux для отправки смс-сообщений и путь к нему;

- \$CONTACTPAGERS\$ указывает, для кого предназначены уведомления;
- вид сообщения, заданный при помощи переменных. Ниже приведен список атрибутов, используемых в конфигурационном файле;
- \$CONTACTPAGERS\$ – номер телефона или адрес уведомляемого контакта, значение берется из директивы pager в определении контакта;
- \$NOTIFICATIONTYPE\$ – строка, идентифицирующая тип уведомления, которое направляется администратору ("PROBLEM", "RECOVERY", "ACKNOWLEDGEMENT", "FLAPPINGSTART", "FLAPPINGSTOP", "FLAPPINGDISABLED", "DOWNTIMESTART", "DOWNTIMEEND" или "DOWNTIMECANCELLED");
- \$HOSTNAME\$ – имя хоста, значение берется из директивы хоста.
- \$HOSTADDRESS\$ – адрес хоста, значение берется из директивы address в определении узла;
- \$HOSTSTATE\$ – строка текущего состояния узла ("UP", "DOWN" или "UNREACHABLE");
- \$HOSTOUTPUT\$ – первая строка текстового вывода последней проверки хоста (т. е. "Ping OK");
- \$SHORTDATETIME\$ – текущая дата/время в формате мм-дд-гггг чч:мм:сс. Формат даты можно изменить, он определяется директивой date_format;
- \$SERVICEDESC\$ – описание сервиса (т. е. основной сайт), значение берется из директивы определения службы;
- \$SERVICESTATE\$ – строка, указывающая на текущее состояние сервиса ("OK", "WARNING", "UNKNOWN" или "CRITICAL").

В результате работы системы при возникновении нештатных ситуаций и по их завершению программа производит оповещение системного администратора посредством коротких текстовых сообщений (смс). Примеры сообщений приведены на рис. 8, 9.

На рис. 8 представлен скриншот смс-сообщения, приходящего системному администратору в результате обнаружения системой мониторинга Nagios проблемы. В данном случае проблема связана с не отвечающим на ping сайтом e-learning istu.ru.

На рис. 9 представлен скриншот смс-сообщения, в тексте которого значится, что Nagios обнаружил проблему с уровнем заряда батареи источника бесперебойного питания (ИБП). Данная ситуация возникла из-за того, что ИБП необходимо время от времени проводить т.н. тренировочные циклы для улучшения характеристик батареи, таковы особенности ИБП. Во время тренировочного цикла ИБП переходит на питание подключенного к нему оборудования от АКБ, затем вновь переключается на работу от электрической сети, о чем свидетельствует следующее поступившее сообщение (рис. 9).

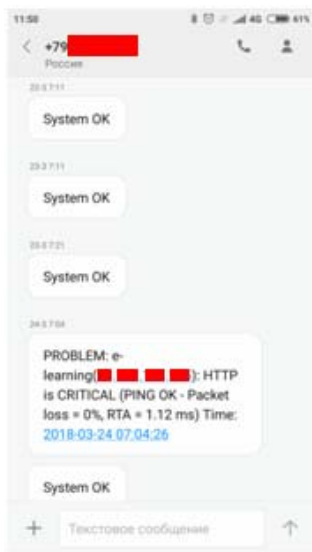


Рис. 8. Проблема, связанная с недоступностью 80 порта, при этом сам сервер доступен

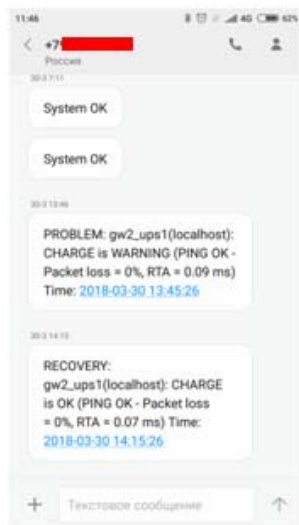


Рис. 9. Предупреждение, связанное с пониженным уровнем заряда АКБ ИБП (заряд ниже 80 %), тренировочный цикл батареи

Вывод

Система мониторинга Nagios осуществляет контроль за хостами и службами, при выявлении неполадок, сигнализирует о них по почте и на мобильный телефон.

В ходе написания статьи поставленная задача выполнена: проанализированы возможности, предоставляемые ПО Nagios, приведено наглядное пособие в виде части карты сети, скриншотов характеристики наблюдаемых объектов, конфигурационных файлов, в системе мониторинга Nagios настроены оповещения системного администратора о событиях, регистрируемых программой, посредством смс-сообщений.

В дальнейших исследованиях планируется подобрать оптимальный вариант настройки системы мониторинга, произвести эту настройку, добавить функционал в виде базы данных и базы знаний по каждому наблюдаемому устройству (управляемый коммутатор, сервер, ИБП), по кабинетам университета ввести статистику используемых устройств и материалов (кабели, розетки) по сроку их допустимого использования для реализации своевременной замены подходящих к концу срока эксплуатации и планирования ремонтных работ, чтобы предотвратить всевозможные нештатные ситуации.

Список литературы

1. Мониторинг компьютерной сети.
URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Мониторинг_компьютерной_сети (дата обращения: 22.03.2018).
2. Nagios. The Industry Standard In IT Infrastructure Monitoring.
URL: <https://www.nagios.org> (дата обращения: 26.03.2018).
3. Nagios – мониторинг сети.
URL: <http://amigosteam.ru/blog/item/10-nagios> (дата обращения: 30.03.2018).
4. Standard Macros in Nagios. URL:
<https://assets.nagios.com/downloads/nagioscore/docs/nagioscore/3/en/macrolist.html>
(дата обращения: 26.03.2018).
5. Object Definitions. URL:
<https://assets.nagios.com/downloads/nagioscore/docs/nagioscore/3/en/objectdefinitions.html>
(дата обращения: 02.04.2018).

Р. К. Соловьев, магистрант
Кафедра «Программное обеспечение»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Система автоматизированного заполнения бухгалтерских документов в среде 1С: Предприятие

Статья посвящена исследованию библиотек распознавания символов (OCR) с открытым кодом, основанных на алгоритмах нейронных сетей и решению актуальной проблемы большого объема труда бухгалтера по занесению в программу 1С: Предприятие первичных документов учета. Предложен способ решения, при помощи которого программа распознает и записывает первичные документы.

Ключевые слова: оптическое распознавание символов, машинное обучение, Tesseract, Puma.Net, Leptonica, 1С: Предприятие, автоматизация, распознавание документов.

R. K. Solovlev, Master's Degree Student
Department of Software
Kalashnikov ISTU

System for the automatic establishment of accounting documents in 1C: Enterprise environment

The article is dedicated to the investigation of the open-source optical character recognition libraries, which based on the algorithms of neural networks and the solution of the current problem of the large amount of the accountant's work in the introduction of the primary accounting documents into the program 1C: Enterprise. The method of solution is proposed, with the help of which, the program recognizes and records the accounting document.

Keywords: OCR, machine learning, Tesseract, Puma.Net, Leptonica, 1C Enterprise, automation, recognition of documents.

Бухгалтерии различных компаний ежедневно сталкиваются с проблемой ввода большого количества данных в информационные системы учета для выполнения бухгалтерских операций (например, универсальных передаточных документов – далее УПД). При определенном количестве контрагентов и, как следствие, большом количестве первичной документации бухгалтеры просто физически не успевают переводить все данные с бумажных носителей в программу. Это чревато последствиями в виде ошибок и упущений, что может сказаться в период подготовки отчетности или во время формирования актов сверки взаиморасчетов. Выход есть – разработка

программного продукта для оперативного извлечения информации из финансовых документов и ввод данных в целевые информационные системы.

На рынке существует ряд программ, выполняющих автоматическую загрузку первичных документов в 1С. Наиболее популярные из них – EFSOL, Fillin, Gendalf. Принцип работы этих программ заключается в получении изображений из папки или сканера, отправку через аутентификационный сервер поставщика программы на сервер ABBYY FineReader для распознавания, получение xml-файлов с данными документа от сервера, обработку программой в среде 1С: Предприятие полученных данных (создание документов, добавление элементов справочников).



Рис. 1. Схема работы программы, представленная фирмой EFSOL в коммерческом предложении

Качество работы данного софта находится на высоком уровне, благодаря использованию для распознавания платного сервиса ABBYY FineReader (лидера среди OCR приложений, трижды получившего награду «Лучший продукт года» за последнее десятилетие).

Минусы имеющихся на рынке решений следующие.

1. Высокая цена – стоимость лицензии на одно рабочее место = 12000 руб./год, стоимость распознавания 1000 страниц = 6000 руб., стоимость распознавания 3000 страниц = 15000 руб., стоимость распознавания 5000 страниц = 22500 руб.

2. Необходимость наличия доступа в интернет для функционирования программы.

3. Прямая зависимость от отказоустойчивости работы веб-сервиса (в случае каких-либо проблем на стороне производителя программа функционировать не будет).

4. Недостаточная скорость работы, так как выполняемые процедуры обработки не ограничиваются исполнением на локальном компьютере.

После исследования рынка нами было принято решение – разработать программный продукт, не являющийся посредником между существующими сервисами и программой 1С, не требующий вложений денежных средств, функционирующий в рамках одной машины.

Главная задача разработки – выбор методики для распознавания текста, которая даст удовлетворительный результат. На сегодняшний день для распознавания символов используется 2 основных метода – распознавание при помощи метрик и при помощи нейронной сети.

Метрика – некоторое условное значение функции, определяющее положение объекта в пространстве. Таким образом, если два объекта расположены близко, т. е. похожи (например, две буквы А, написанные разным шрифтом), то метрики для таких объектов будут совпадать или будут предельно схожими [1]. Для распознавания в этом режиме используется метрика Хэмминга, которая показывает, насколько сильно объекты не похожи. Но подсчет одной метрики не даст положительного результата, ведь многие буквы похожи между собой, например, *j* и *i*. Также для данного способа необходимо создавать метрики для каждого используемого шрифта, потому использование такой методики отпадает для решения данной задачи.

Второй способ распознавания – при помощи нейронной сети. Принцип работы нейронной сети таков, что, получив на входной слой нейронов новое изображение, сеть реагирует импульсом того или иного нейрона. Так как все нейроны названы значениями букв, следовательно, среагировавший нейрон и является ответом распознавания [1].

Нейрон помимо выхода имеет также множество входов, данные входы описывают значение пикселя изображения. То есть если имеется изображение 16×16 , входов у сети должно быть 256 [1].

Каждый вход воспринимается с определенным коэффициентом, и по окончании распознавания на каждом нейроне скапливается определенное значение (вес). Чтобы коэффициенты входов были правильными, необходимо сначала обучить сеть. Этим занимается отдельный модуль обучения, который берет очередное изображение из обучающей выборки и подает на вход сети. Сеть анализирует все позиции черных пикселей и выравнивает коэффициенты, минимизируя ошибку совпадения методом градиента, после чего определенному нейрону сопоставляется данное изображение [1].

По окончании обучения у каждого нейрона на местах, в которых чаще всего встречались черные пиксели, будет наиболее темная краска (значение веса больше), а там, где реже, – краска светлее [1].



Рис.2. Условное представление буквы А в нейронной сети

Однако создание нейронной сети «с нуля», используя только собственные ресурсы, не дало удовлетворительного результата, поэтому было решено рассмотреть уже существующие Open Source библиотеки по распознаванию текста с открытым кодом. Изучив источники, мы обнаружили две основных библиотеки надлежащего уровня с возможностью работы на языке объектно-ориентированного программирования C# – Puma.Net и Tesseract.

Puma.Net представляет собой OCR – проект с открытым исходным кодом для платформы Microsoft Windows. Проект ориентирован на разработчиков программного обеспечения, работающих с платформой Microsoft .NET Framework и предназначен для предоставления недавно разработанным приложениям возможностей OCR. Puma.NET – это оболочка для движка Cognitive Technologies CuneiForm. Хорошие результаты распознавания могут быть достигнуты несколькими строками кода. Возможности OCR: распознавание множества печатаемых шрифтов; поддержка 27 языков, среди которых есть и русский; проверка правописания; автоматическое определение шрифтов (курсив, подчеркнутый и т. д.); сохранение структуры документа (абзацы, изображения, таблицы); улучшенное распознавание текста, расположенного под углом; входные форматы изображений: BMP, GIF, EXIF, JPG, PNG и TIFF; выходные форматы: TXT, RTF, HTML [2].

Tesseract (с англ. – тессеракт) – свободная компьютерная программа для распознавания текстов, разрабатывавшаяся Hewlett-Packard с середины 80-х до середины 90-х гг., а затем 10 лет «пролежавшая на полке». В августе 2006 г. Google купил ее и открыл исходные тексты под лицензией Apache 2.0 для продолжения разработки. В настоящий момент программа уже работает с UTF-8, поддержка языков (включая русский с версии 3.0) осуществляется с помощью дополнительных модулей [3].

Вкратце принцип работы Tesseract OCR можно описать следующим образом: программа определяет макет страницы и группирует очертания текста в объекты. В объектах выделяются строки, разбиваются на слова в зависимости от длины промежутков между ними. Далее анализируется, какой тип шрифта был использован для той или иной области текста: моноширинный или пропорциональный. В первом случае каждый символ имеет фиксированную ширину, значит, Tesseract способен сразу разбить строку на символы. Во втором случае программа выделяет определенные и неопределенные промежутки между символами: решение по поводу неопределенных промежутков принимается в самом конце. Распознавание проходит в два этапа. Сначала алгоритм старается распознать каждое слово по очереди и передает каждую успешную попытку классификатору в качестве обучающей выборки. Классификатор использует эти данные при дальнейшем продвижении по странице и на втором этапе распознавания, когда алгоритм

повторно работает с теми словами, которые не получилось распознать в первый раз. В самом конце Tesseract принимает решение по поводу неопределенных промежутков и проверяет, не являются ли некоторые нераспознанные строчные буквы малыми заглавными.

В конце 2017 г. разработчики Tesseract представили новую альфа-версию программы (Tesseract v4.0.0.13). Главное отличие новой версии заключается в использовании LSTM-сетей.

Рекуррентные нейронные сети (далее – РНС), подвидом которых являются LSTM (long short memory – долгая краткосрочная память) – это тип нейронных сетей, задействующих обратную связь. В РНС каждый слой нейронов получает некую информацию о предыдущем состоянии сети, что делает возможным анализ последовательностей данных [4].

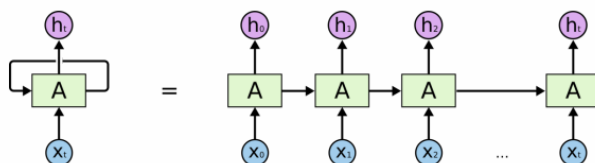


Рис. 3. Схема работы одного слоя нейронов LSTM-сети

Схема работы взята из записи Understanding LSTM Networks [5].

Главной особенностью и преимуществом LSTM-сетей является умение работать с информацией, обработанной много циклов назад. Именно поэтому использование LSTM сейчас является одним из главных трендов в OCR [4].

Ниже приведен код приложения, необходимый для запуска библиотеки Tesseract с подробными комментариями строчек кода, написанный на языке объектно-ориентированного программирования C#:

```
using System;
using System.Windows.Forms;
using Tesseract;
using Leptonica;
namespace Tesseract_4._0_LSTM
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
        }
        private void RecognizeClick(object sender, EventArgs e)
        {

```

```

RecognizeText.Clear();//Очистка текстового поля
if (openFileDialog1.ShowDialog() == DialogResult.OK)//Вызов окна диалога
выбора файла
{
OcrEngineMode oem = OcrEngineMode.LSTM_ONLY;//Выбор механизма работы рас-
познавания с использованием свёрточных нейронных сетей
PageSegmentationMode psm = PageSegmentationMode.AUTO;//Выбор способа сег-
ментации изображения
string path = "C:/Users/iromm/source/repos/Tess4.0/tessdata";//Создание
строки пути к файлу с данными для обучений НС
string filename = openFileDialog1.FileName; //Присваиваем строке путь фай-
ла для распознавания
TessBaseAPI tessBaseAPI = new TessBaseAPI();
tessBaseAPI.Init(path, "eng+rus", oem);//Инициализируем тессеракт
tessBaseAPI.SetPageSegMode(psm);//Устанавливаем способ сегментации
Pix pix = tessBaseAPI.SetImage(filename);//Устанавливаем изображение
tessBaseAPI.Recognize();//Распознаем изображение
ResultIterator resultIterator = tessBaseAPI.GetIterator();//Получаем ите-
ратор
// Получаем текст из результата итератора
string Text = "";
PageIteratorLevel pageIteratorLevel = PageIteratorLevel.RIL_PARA;
do
{
Text += resultIterator.GetUTF8Text(pageIteratorLevel);
} while (resultIterator.Next(pageIteratorLevel));
//Разбиваем строку по разделителю и выводим на форму
string[] TextM = Text.Split('\n');
for (int i = 0; i < TextM.Length; i++)
{
RecognizeText.AppendText(TextM[i] + Environment.NewLine);
}
}

```

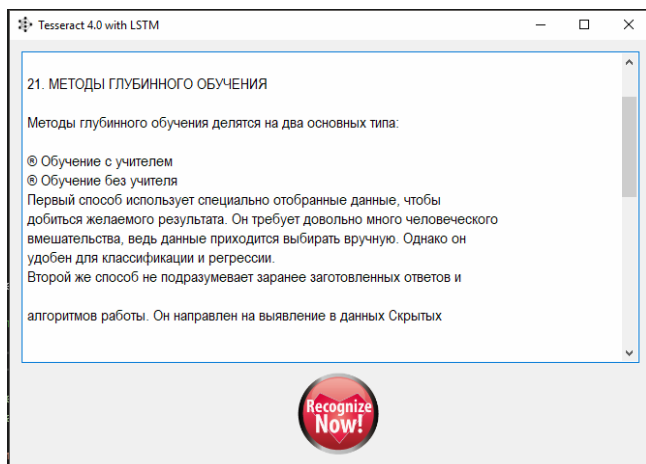


Рис. 4. Результат работы приложения на Windows Form по распознаванию

Для проверки качества распознавания библиотек использовались изображение с разрешением 300 dpi, шрифт Times New Roman, кегль 12, формат jpeg, с русским и русско-английским текстами (табл. 1, 2).

Таблица 1. Результаты экспериментального исследования при изображении с русским текстом

Библиотека OCR	Время распознавания, сек.	Кол-во слов/символов	Верно распознанных слов	Верно распознанных символов	Процент ошибки при расп. слова %
Tesseract 3.0	3,95	75/593	48	472	36
Tesseract 4.0	2,88		75	593	0
Puma.Net	1,22		74	585	1,33

Таблица 2. Результаты экспериментального исследования при изображении с русско-английским текстом

Библиотека OCR	Время распознавания, сек.	Кол-во слов/символов	Верно распознанных слов	Верно распознанных символов	Процент ошибки при расп. слова %
Tesseract 3.0	3,26	99/844	92	816	7,07
Tesseract 4.0	4,52		94	822	5,1
Puma.Net	1,23		98	838	1,1

Как показали эксперименты, лучшей библиотекой в распознавании определенного языка стала Tesseract v4.0., работающая на PNC; лучшей по скорости распознавания стала библиотека Puma.Net, которая также хорошо справилась в определении языка слов в тексте.

Определившись с компонентой распознавания, нужно выполнить сегментации изображения, выделив необходимые для дальнейшей работы значения из документа.

На выходе модуля распознавания должен формироваться xml файл с данными документа:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
  <_УПД>
    <_DocNum>Номер распознанного документа</_DocNum>
    <_CorrectionNum>Номер исправления</_CorrectionNum>
    <_CorrectionDate>Дата исправления</_CorrectionDate>
    <_DocDate>Дата документа</_DocDate>
    <_Status>Статус документа</_Status>
    <_Lists>Номер листа</_Lists>
    <_Sum>Общая сумма документа</_Sum>
    <_TaxSum>Общая сумма налога</_TaxSum>
    <_SumWithoutTax>Сумма без налога</_SumWithoutTax>
    <_DocCur>Валюта документа</_DocCur>
    <_IssCompany>Продавец</_IssCompany>
    <_IssAddress>Адрес продавца</_IssAddress>
    <_IssINN>ИНН продавца</_IssINN>
    <_IssKPP>КПП продавца</_IssKPP>
    <_DesCompany>Покупатель</_DesCompany>
    <_DestAddress>Адрес покупателя</_DestAddress>
    <_DestINN>ИНН покупателя</_DestINN>
    <_DestKPP>КПП покупателя</_DestKPP>
    <_DocType>Тип документа </_DocType>
    <_PaymentDoc>Документ оплаты</_PaymentDoc>
    <_Table1>
      <_Article>
        <_Descript>Наименование товара</_Descript>
        <_DescriptCode>Код товара</_DescriptCode>
        <_UnitCode>Код ед.изм</_UnitCode>
        <_Unit>Усл. обозн-е ед.изм</_Unit>
        <_Qty>Количество, объём</_Qty>
        <_Price>Цена</_Price>
        <_Cost>Стоимость</_Cost>
        <_Excise>Сумма акциза</_Excise>
        <_TaxRate>Налоговая ставка</_TaxRate>
        <_TaxSum>Сумма налога</_TaxSum>
        <_SumWithTax>С налогом</_SumWithTax>
```

```

        <_CountryCode>Код страны<_CountryCode>
        <_Country>Страна<_Country>
        <_Decl>Тамож. декларация<_Decl>
    </_Table1>
    <_Block/>
</_УПД>

```

Xml-формат выбран как самый известный и широко используемый язык разметки [6], с которым можно работать при конфигурировании на языке 1С: Предприятие.

Созданный xml-файл анализируется во внешней обработке 1С и на основании него программно создается документ с заполненными реквизитами.

Необходимый алгоритм работы программы представлен на рис. 5.



Рис. 5. Схема работы программы по автоматизированному заполнению бухгалтерских документов в среде 1С: Предприятие

Выводы

Таким образом, для решения актуальной проблемы большого объема труда бухгалтера по ТМЦ, были рассмотрены имеющиеся решения, выявлены положительные и отрицательные особенности, предложена собственная методология работы программного продукта, выполняющего задачу по распознаванию документов учета и автоматизированному занесению их в программу 1С: Предприятие.

Проведенные исследования показали, что лучшими Open Source решениями для оптического распознавания текста являются библиотеки Puma.Net и Tesseract v.4.0 в режиме LSTM.

Список литературы

1. Методы распознавания текста // Хабрахабр – социальное СМИ об IT.
URL: <https://habrahabr.ru/post/220077> - Заглавие с экрана (дата обращения: 10.04.2018).
2. CodePlex Archive Open Source Project Archive «Puma.Net».
URL: <https://archive.codeplex.com/?p=pumanet> (дата обращения: 01.04.2018).
3. Tesseract // Свободная энциклопедия Википедия.
URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Tesseract> (дата обращения: 01.04.2018).
4. Offline Handwriting Recognition with Multidimensional Recurrent Neural Networks // NIPS Proceedingsβ.
URL: <https://papers.nips.cc/paper/3449-offline-handwriting-recognition-with-multidimensional-recurrent-neural-networks> (дата обращения: 10.04.2018).
5. Understanding LSTM Networks // GitHub colah's blog.
URL: <http://colah.github.io/posts/2015-08-Understanding-LSTMs> (дата обращения: 10.04.2018).
6. XML // Свободная энциклопедия Википедия.
URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/XML> (дата обращения: 01.04.2018).

М. А. Шишкин, магистрант
Кафедра «Программное обеспечение»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Об автоматизированных способах контроля наличия работников на рабочем месте

Рассмотрены современные распространенные способы автоматизированного контроля за работниками на их рабочих местах. Перечислены методы ведения контроля, их плюсы и минусы. Описан новый метод, разработанный автором.

Ключевые слова: компьютерное зрение, автоматизация, видеонаблюдение, контроль за работниками.

M. A. Shishkin, Master's Degree Student
Department of Software
Kalashnikov ISTU

An automated methods of monitoring the presence of workers in the workplace

In this article we will talk about modern and widely used methods of automated control over employees at their workplaces. The methods of control, their pros and cons will be listed. A new method developed by the author will also be described.

Keywords: computer vision, automation, video surveillance, control of employees.

Сегодня с каждым днем повышается количество людей, которые, выбирая между офисной деятельностью и ручным трудом, выбирают первое. Однако не всегда человек, устроившись в организацию, хочет добросовестно и качественно трудиться. Из-за этого фактора предприятие зачастую может нести убытки, связанные с низким качеством результата или его отсутствием у такого работника. Стоит отметить, что в условиях повышения количества персонала на предприятии не всегда можно грамотно уследить за качественным и своевременным исполнением ими своих обязанностей. Особенно часто это можно заметить в крупных компаниях с большим штатом рядовых сотрудников и недостаточным количеством хороших руководящих кадров. Чтобы найти способ решения данной проблемы, хотелось бы для начала рассмотреть способы автоматизированного контролирования сотрудников.

Сначала стоит обозначить, что большую часть заданий, которую получает обычный офисный сотрудник, сложно оценить в разрезе качества вы-

полнения. Данную оценку может дать только руководитель сотрудника, точно знающий, какие критерии выполнения работы будут являться ключевыми для результата. Так, например, при составлении отчета только человек, для которого этот отчет делается, сможет определить, несет ли данный отчет смысловую ценность, а также оценить качество выполнения данного отчета. Поэтому при рассмотрении вариантов автоматизированного контроля за сотрудниками будут рассмотрены способы, которые определяют не качество результата, а его наличие или попытки выполнить работу для получения результата. Иными словами, автоматизированно можно однозначно определить только то, работает человек или нет, качество же его работы общераспространенными методами контроля оценить не представляется возможным.

Общераспространенные способы ведения контроля можно поделить на две категории:

1) контроль осуществляется при помощи рабочего инструмента работника (компьютер, касса и т. д.);

2) контроль осуществляется при помощи отдельно созданных для этого систем.

Рассматривая первую категорию можно перечислить следующие способы контроля.

Программное обеспечение, способное отследить действия пользователя в операционной системе. Это один из самых распространенных способов контроля за сотрудником [1]. С помощью данного программного обеспечения можно достаточно точно определить, находится ли сотрудник на рабочем месте, чем он занимается. Плюсами данного метода контроля является высокая достоверность и наглядность получаемых данных. Имея на руках, например, снимки экрана с компьютера работника за весь день [2], можно однозначно определить, был ли он занят делом. К явным минусам можно отнести стоимость использования такого программного обеспечения, которая увеличивается с ростом числа контролируемых работников. Также стоит отметить неудобство определения выполнения работы для большого числа сотрудников одновременно, поскольку придется просматривать данные по каждому сотруднику отдельно [3].

Программное обеспечение, использующее фото/видео (веб-камера) контроль наличия сотрудника на рабочем месте. Данный метод контроля имеет меньшую популярность, чем вышеописанный, и на это есть ряд причин. Для определения наличия работника на рабочем месте необходимо каждое рабочее место оборудовать веб-камерой, а также программным обеспечением, способным идентифицировать работника по его лицу. Это ведет к дополнительным финансовым затратам. Также остается неясным вопрос, чем именно занимается работник на рабочем месте.

Рассматривая вторую категорию ведения контроля, можно выделить следующие способы контроля.

Программное обеспечение, работающее в ЛВС предприятия и отслеживающее действия сотрудника при его работе в сети Интернет. Говоря о данном методе контроля, можно отметить, что он достаточно действенный и имеет ряд достоинств перед методами, относящимися к первой категории. Поскольку ПО расположено на сервере и к нему нет прямого доступа у обычного пользователя, его гораздо сложнее обмануть или «обойти». Также можно отметить, что получить данные о работе в сети Интернет большого количества сотрудников гораздо проще. Но и у этого способа есть свои недостатки: заниматься посторонней деятельностью на рабочем месте можно, не посещая интернет, а значит, в таком случае понять, чем занимался работник в течение дня, невозможно.

Системы контроля входа/выхода сотрудника из здания или с территории предприятия. Достаточно распространенная система, устанавливаемая на многих государственных предприятиях. Человек при входе прикладывает свой пропуск к считывателю, и в системе появляется запись о том, что сотрудник вошел в здание, записывается время входа. Уходя с работы, человек вновь отмечается на выходе, и система записывает время ухода. Данный метод не слишком дорог в реализации, но имеет один большой минус: невозможно сказать, чем занимался человек в промежутке между приходом на работу и уходом с работы.

Проанализировав возможные методы автоматического контроля за сотрудниками, мы предложили новое технологическое решение, позволяющее увеличить производительность труда работников за счет автоматизации контроля нахождения их на рабочих местах.

Повышение эффективности работы предприятия предлагается достичь за счет использования системы видеонаблюдения, совмещенной с программным обеспечением, способным анализировать нахождение сотрудника на рабочем месте.

Основными компонентами системы являются:

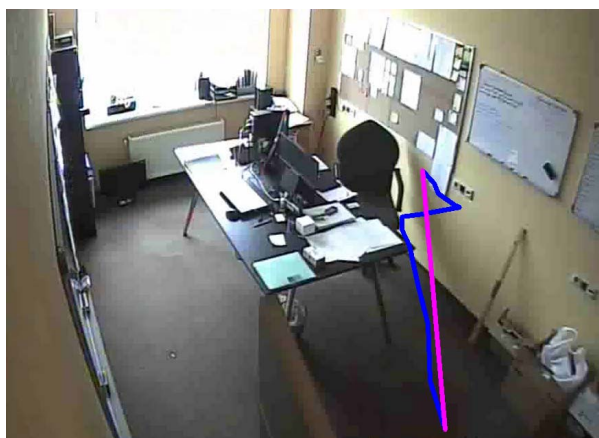
- камеры видеонаблюдения, установленные в комнатах с сотрудниками: одна камера устанавливается в комнате и может наблюдать за несколькими рабочими зонами одновременно. Стоит отметить, что к камере не предъявляются особых требований: для данной системы подойдут недорогие варианты видеокамер. Таким образом удастся избежать больших затрат на видеоборудование;

- серверное приложение, которое будет проводить анализ полученных данных с видеокамер. Сервер, на который будет поступать информация и на нем же храниться, будет обрабатывать видео и определять, находится ли

сотрудник на рабочем месте. После проведения анализа эти данные в дальнейшем будут предоставлены в виде отчета в клиентском приложении;

– клиентское приложение, которое будет выводить отчет по нахождению сотрудников на рабочем месте. Доступ к этому приложению будет у руководящего звена. Руководитель в любой момент сможет посмотреть отчет по нахождению сотрудников на рабочем месте и применять как положительные меры воздействия к сотрудникам, так и отрицательные.

Анализ нахождения сотрудника на рабочем месте будет состоять из двух этапов. На первом этапе анализ происходит при помощи отслеживания передвижения сотрудника к рабочему месту или от него с помощью построения вектора движения [4]. Возможный результат показан на рисунке. Синим цветом показана траектория движения человека к рабочему месту, красным – конечный вектор движения.



Вектор движения в зоне контроля

На втором этапе в качестве дополнительной проверки будет проверяться наличие путем разности текущих изображений с пустым рабочим местом.

После проведения анализа результаты записываются в базу данных, к которой позже обращается клиентское приложение с целью формирования отчетов нахождения сотрудника на рабочем месте.

Таким образом, в предложенной системе будет ряд преимуществ по сравнению с вышеописанными: она не будет столь вести контроль сразу нескольких рабочих мест, а отчет о нахождении работников на рабочем месте будет прост в силу того, что определить нахождение сотрудник на рабочем месте при помощи видеокамеры, можно достаточно однозначно.

Список литературы

1. Office Controller 2.1b.
URL: <http://www.elvel.ru/Stati/OfficeControl>. (Дата обращения: 10.04.2018).
3. Disciplina.
URL: <http://disciplina.ru>. (Дата обращения: 10.04.2018).
3. Yaware TimeTracker.
URL: <http://timetracker.yaware.com.ua>. (Дата обращения: 10.04.2018).
4. *Форсайт, Дэвид А.* Компьютерное зрение. Современный подход / Дэвид А. Форсайт, Жан Понс. Вильямс, 2004. 928 с.

А. К. Волков, студент
Кафедра «Информационные системы»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Система автоматизации деятельности материально-ответственного лица

Работа посвящена актуальной теме поддержки материально ответственных лиц с применением современных информационных технологий.

Ключевые слова: информационные технологии; автоматизация; база данных.

A. K. Volkov, Student
Department of Information Systems
Kalashnikov ISTU

The system of automation of the activity of a materially responsible person

The work is devoted to the actual topic of support of materially responsible persons using modern information technologies.

Key words: information technologies; automation; database.

В нынешних условиях создания информационного общества залогом успеха работы любого предприятия является быстрое обеспечение лиц, принимающих решения, данными о его ресурсах и воздействии факторов внешней среды. Системы бухгалтерского учета, используемые уже практически на всех предприятиях, дают руководству только учетную информацию, не располагая возможностями для ее анализа и подготовки принятия решений по управлению предприятием.

Реализация этих задач для каждого предприятия индивидуальна, поскольку связана непосредственно со спецификой его хозяйственной деятельности. Например, можно выделить работу [1] коллектива преподавателей и сотрудников кафедры, где проходит обучение автор статьи. Откликом этой специфики явилось создание информационных систем экономического анализа, обеспечивающих добавление данных управленческого учета, результатов экономической деятельности, анализ состояния финансов предприятия, а также анализ эффективности работы подразделений по различным критериям.

«Информационные системы экономического анализа» – это общее название группы программных средств, автоматизирующих различные задачи анализа экономической деятельности предприятия. Поскольку функция анализа связана неразрывно с другими функциями управления, то информационные системы экономического анализа также взаимодействуют с другими информационными системами автоматизации управления предприятием, например, в рамках корпоративной информационной системы [2].

В связи с отсутствием необходимых программ автоматизации деятельности материально ответственного лица была создана программа для решения этой проблемы. Также эта проблема затронута в работах [3–5]. Программа предназначена к применению в подразделениях группы компаний, участвующих в бизнес-процессах, связанных с технологическим оборудованием (служба инвентаризации, технологический отдел, производственные цеха предприятия и др.). Программа позволит создать единое информационное пространство и осуществлять поддержку процессов, связанных с обслуживанием технологического оборудования (рисунок).

Решаемые задачи системой Maria DataBase (MDB):

- 1) поддержка принятия решений при подготовке, планировании, ремонта оборудования и выполнении технического обслуживания;
- 2) формирование графиков, планов, сводных отчетов для принятия решений;
- 3) ведение полной истории оборудования для последующего анализа;
- 4) информационная поддержка специалистов и руководителей, участвующих в учетных процессах, диспетчеризации и обслуживания технологического оборудования.

Цели внедрения системы в масштабе предприятия:

- 1) автоматизация получения аналитических отчетов и распечаток по принятым формам;
- 2) разделение труда: однократный ввод определенной части информации наиболее информированными пользователями и многократное использование ее другими пользователями, исключение дублирования ввода;
- 3) хранение истории в единой электронной базе данных;
- 4) автоматизация расчетов (составление сводных отчетов о простоях оборудования).

В программе имеется панель технических сведений об оборудовании с указанием статуса состояния, технических характеристик, результата инвентаризации.

Панель поиска способствует более удобной работе со списком. Функция поиска перемещает курсор на нужную позицию в списке. Поиск осуществляется по инвентарному номеру. В программе предусмотрена возможность

просмотра фотографии оборудования. Воспользовавшись закладкой «План», можно просмотреть общий план расположения оборудования по аудиториям и корпусам.

Программа автоматизации деятельности материально ответственного лица

Файл Помощь

Данные План

№	Корпус	Аудитория
1	6	403
2	6	401
3	6	402

Корпус: 6 Инвентарный №: M420111326 Серийный номер:

Аудитория: 403 Наименование: Коммутатор тип 2 D-Link DES-11C

Год выпуска: 2014

Добавить новое поле/Сохранить Удалить Вырезать Вставить

Характеристики:

История:

Получить характеристики ПК Поиск по инвентарному № Копировать инвентарный № Копировать

Показать справочник

№	Инвентарный №	Наименование
87	M30244	Мышь компьютерная Genius NetScroll Optical черная
88	1010405090	Монитор 19" Acer V193M
89	1010405092	Монитор 19" Acer V193M
90	1010405091	Монитор 19" Acer V193M
91	M3034	Мышь компьютерная Microsoft Basic Optical черная
92	1010402246	Монитор 17" Acer AL1716Fb LCD
93	1010402244	Монитор 17" Acer AL1716Fb LCD
94	1010402250	Монитор 17" Acer AL1716Fb LCD
95	1010402260	Монитор 17" Acer AL1716Fb LCD
96	1010402243	Монитор 17" Acer AL1716Fb LCD
97	1010402245	Монитор 17" Acer AL1716Fb LCD
98	1010402021	Монитор 17" Samsung 710N LCD
99	1010402268	Монитор 17" Acer AL1716Fb LCD
100	M4200900305	Клавиатура Mitsumi PS/2
101	1010405963	Клавиатура TCL
102	M420111326	Коммутатор тип 2 D-Link DES-1100-24

Окно программы

В программе есть функция хранения и создания истории перемещения и информации о ремонтах оборудования. В истории перемещения можно отображать следующие сведения:

- 1) откуда перемещено;
- 2) куда перемещено оборудование;
- 3) дата перемещения;
- 4) подразделение;
- 5) причина;
- 6) примечание.

Программа позволяет создавать отчеты по оборудованию, по всем или определенным аудиториям.

Плюсы данной программы (MDB) перед конкурентами в этой отрасли следующие:

- 1) масштабируемость (возможность настройки программы под любое предприятие, независимо от его размеров);
- 2) историчность (в программе хранится весь жизненный цикл оборудования);
- 3) надежность (бесперебойная работа программы);
- 4) наглядность (удобство просмотра информации необходимого оборудования).

В результате работы была получена информационная система, облегчающая ответственному лицу поиск оборудования и составление инвентаризационных отчетов.

Список литературы

1. Бас, А. А. Разработка информационной модели автоматизированной системы управления складскими помещениями для расчета индекса сезонности / А. А. Бас, Г. А. Благодатский, Е. С. Чухланцев // Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, № 2. 2016. С. 91–94.
2. Голкина, Г. Е. Информационные системы экономического анализа : учеб. пособие / Г. Е. Голкина, Д. В. Денисов [Электрон. текстовые данные]. М. : Евразийский открытый институт, 2009. 132 с.
3. Хусаинова, Г. Я. Автоматизация инвентаризации программных продуктов на предприятии / Г. Я. Хусаинова, И. Г. Хусаинов // Материалы конференции, № 4-1. 2014. С. 340–342.
4. Злобина, М. И. Автоматизация процессов инвентаризации // Сборник трудов Всерос. конф. по математике «МАК-2016» : Материалы молодежной прикладной IT школы «Математическое моделирование в экологии, агроэкологии и природопользовании» (Барнаул, 29 июня – 1 июля 2016 г.) / АлтГУ [и др.]. Барнаул : Изд-во АлтГУ, 2016. С. 99–100.
5. Гладышев, В. В. Современные способы автоматизации процесса инвентаризации // Экономические науки. 2011. № 30-1. С. 210–213.

Раздел 2. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

К. А. Шляхтин, магистрант

В. Б. Гитлин, доктор технических наук, профессор

Кафедра «Вычислительная техника»

ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Расчет параметров умножителя напряжения для питания ФЭУ

Описывается методика выбора количества ступеней и номиналов элементов умножителя напряжения, применяемого для питания ФЭУ. Приведены результаты моделирования зависимости напряжения на выходе умножителя и пульсаций напряжения от параметров генератора.

Ключевые слова: умножитель напряжения, генератор Кокрофта — Уолтона, фотоэлектронный умножитель – ФЭУ.

K. A. Shlyakhtin, Master's Degree Student

V. B. Gitlin, Doctor of Engineering Sciences, Professor

Department of Computer Engineering

Kalashnikov ISTU

Calculation of Parameters of Voltage Multiplier for PMT Powering

The article describes a technique for selecting the number of stages and denominations of the voltage multiplier elements used to power the PMT. Results of modeling the dependence of the output voltage and voltage ripple on generator parameters are presented.

Keywords: voltage multiplier; Cockcroft–Walton generator; photomultiplier tube; PMT.

Введение

Фотоэлектронный умножитель (ФЭУ) – электровакуумный прибор, преобразующий вспышку света в электрический импульс. ФЭУ в составе сцинтилляционных детекторов получил широкое распространение при измерении ионизирующего излучения [1].

Для питания ФЭУ необходимо высокое постоянное отрицательное напряжение. Для большинства ФЭУ напряжение питания лежит в диапазоне от –800 В до –3000 В. Напряжение на диоды ФЭУ обычно подается с помощью высокоомного делителя резистивного делителя напряжения. В таб-

лице приведены электрические параметры некоторых широко распространенных ФЭУ. Из данной таблицы видно, что ток, потребляемый делителем, составляет порядка 100 мкА и значительно превосходит ток, потребляемый ФЭУ.

Электрические параметры некоторых ФЭУ

Наименование	Типовое напряжение питания, В	Предельный ток, мкА	Сопротивление делителя, МОм	Ток через делитель, мкА
ФЭУ-74А-1	-1650	30	15	110
ФЭУ-102-1	-1700	30	12	142
ФЭУ-158-14	-1800	30	13	138

Высокое напряжение для питания ФЭУ обычно получают с помощью умножителя напряжения [2]. Умножитель напряжения преобразует переменное напряжение в высокое постоянное. В отличие от трансформатора имеет малый вес и стоимость, не требует специальной изоляции [3].

Расчет параметров умножителя напряжения

Генератор Кокрофта – Уолтона – один из типов диодных умножителей. Предназначен для повышения и выпрямления переменного напряжения. Схема генератора с тремя ступенями для получения отрицательного напряжения приведена на рис. 1.

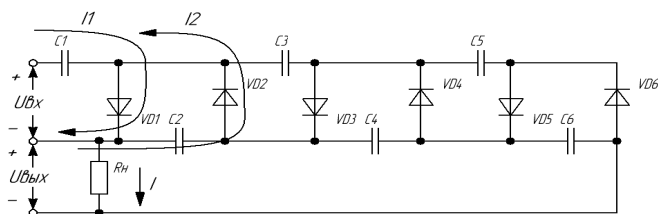


Рис. 1. Схема генератора Кокрофта – Уолтона

Принцип работы генератора

При положительной полуволне напряжения на входе током I_1 через открытый диод $VD1$ конденсатор $C1$ заряжается до напряжения, примерно равного амплитуде входного напряжения $U_{C1} = U_{вх}$. При этом на правой обкладке конденсатора $C1$ присутствует напряжение отрицательной полярности относительно левой обкладки. При отрицательной полуволне на вхо-

де, диод $VD1$ закрывается и на правой обкладке конденсатора $C1$ появляется напряжение $-U_{\text{вх}} - U_{C1}$, которое через открытый диод $VD2$ заряжает конденсатор $C2$ до напряжения примерно равного удвоенной амплитуде входного напряжения. Следующие ступени генератора работают аналогично и обеспечивают умножение входного напряжения приблизительно в $2N$ раз, где N – количество ступеней генератора.

Соотношение $U_{\text{вых}} = 2NU_{\text{вх}}$ поддерживается при отсутствии тока нагрузки I . Наличие тока I приводит к снижению уровня выходного напряжения на величину ΔU , как показано на рис. 2.

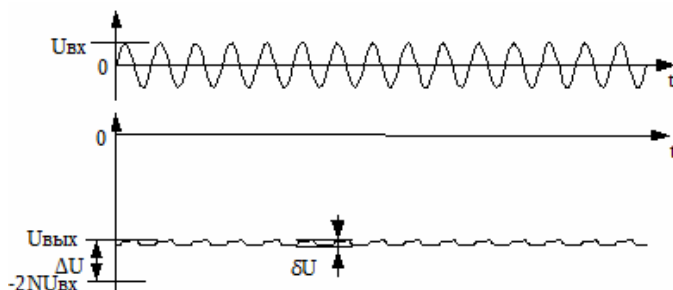


Рис. 2. Напряжения на входе и выходе генератора

Наличие процессов заряда-разряда конденсаторов приводит к появлению пульсаций δU на выходе схемы.

Согласно [4] напряжение на выходе генератора можно определить по формуле

$$U_{\text{вых}} = 2NU_{\text{вх}} - \frac{I}{fC} \left(\frac{2}{3}N^3 + \frac{1}{4}N^2 - \frac{1}{6}N \right), \quad (1)$$

где $U_{\text{вх}}$ – амплитуда напряжения на входе; f – частота напряжения на входе; C – емкость генератора. Считая нагрузку генератора резистивной, выразим ток нагрузки через сопротивление нагрузки $I = U_{\text{вых}} / R_{\text{н}}$:

$$U_{\text{вых}} = \frac{2NU_{\text{вх}}}{\left(1 + \frac{1}{fRC} \left(\frac{2}{3}N^3 + \frac{1}{4}N^2 - \frac{1}{6}N \right) \right)}. \quad (2)$$

Коэффициент пульсации выходного напряжения может быть найден с помощью формулы [4]

$$S = \frac{\delta U}{U_{\text{ВЫХ}}} = \frac{N(N+1)}{2fRC}. \quad (3)$$

Из соотношений (1) и (3) следует, что с увеличением числа ступеней N растет величина пульсаций δU и потери напряжения $\Delta U = 2NU_{\text{ВХ}} - U_{\text{ВЫХ}}$, эффективность умножителя снижается. Уменьшить величину пульсаций и величину потерь напряжения можно увеличив емкость конденсаторов C и повысив частоту f входного напряжения.

Частоту входного напряжения необходимо выбирать достаточно большой для уменьшения потерь в схеме ΔU . Если ΔU мало, количество ступеней умножителя напряжения может быть определено из соотношения

$$N = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{2U_{\text{ВХ}}}. \quad (4)$$

Емкость конденсаторов C может быть найдена из максимально допустимых пульсаций напряжения δU по формуле

$$C = \frac{U_{\text{ВЫХ}} N(N+1)}{2fR\delta U_{\text{ВЫХ}}}. \quad (5)$$

Максимальное обратное напряжение диодов должно быть не менее $2U_{\text{ВХ}}$:

$$U_{\text{емах}} \geq 2U_{\text{ВХ}}. \quad (6)$$

Максимальное напряжение конденсаторов также должно удовлетворять условию (6).

Моделирование

Выполнено моделирование работы умножителя с параметрами $U_{\text{ВХ}} = 200$ В, $N = 3$, $C = 1$ нФ, $R_{\text{н}} = 10$ МОм в системе Micro-Cap 11.

На рис. 3 показаны графики зависимости напряжения на выходе умножителя и пульсации данного напряжения от частоты входного напряжения, рассчитанные по формулам (2) и (3) и полученные при моделировании.

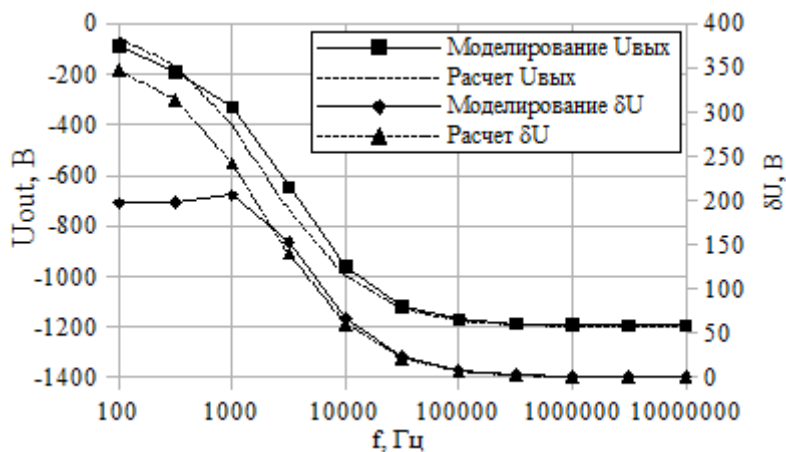


Рис. 3. Зависимость выходного напряжения и пульсации от частоты,
 $U_{\text{вх}} = 200 \text{ В}$, $N = 3$, $C = 1 \text{ нФ}$, $R_{\text{н}} = 10 \text{ МОм}$

На рис. 4 показаны графики зависимости напряжения на выходе и пульсации напряжения умножителя от емкости конденсаторов.

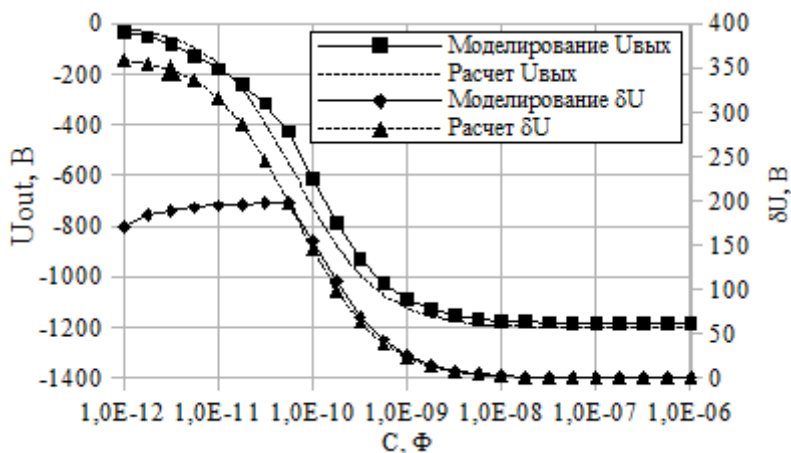


Рис. 4. Зависимость выходного напряжения и пульсации от емкости конденсаторов,
 $U_{\text{вх}} = 200 \text{ В}$, $N = 3$, $f = 30 \text{ кГц}$, $R_{\text{н}} = 10 \text{ МОм}$

На рис. 5 представлены графики зависимости напряжения на выходе и пульсации напряжения умножителя от количества ступеней.

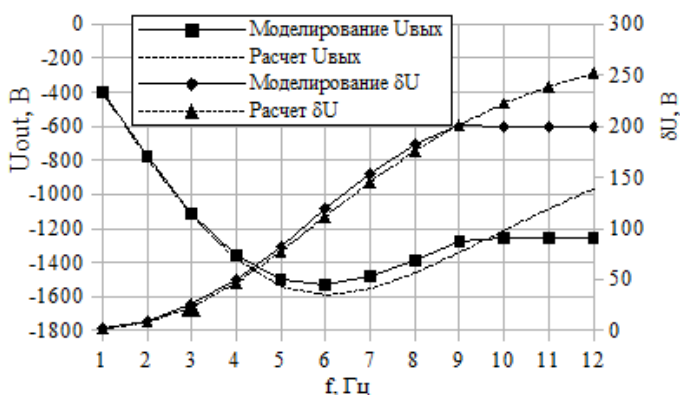


Рис. 5. Зависимость выходного напряжения и пульсации от количества ступеней,
 $U_{\text{вх}} = 200 \text{ В}$, $C = 1 \text{ нФ}$, $f = 30 \text{ кГц}$, $R_{\text{н}} = 10 \text{ МОм}$

Заключение

В данной работе приведены формулы для расчета параметров умножителя напряжения для питания ФЭУ, даны рекомендации по выбору элементов схемы. Представлены зависимости напряжения на выходе генератора и пульсаций напряжения от частоты напряжения на входе, емкости конденсаторов и количества ступеней умножителя, полученные по результатам моделирования.

Из расчетных графиков и результатов моделирования видно, что напряжение на выходе генератора стабильно при частотах входного напряжения порядка 100 кГц и выше. При меньших частотах напряжение значительно ниже идеального, сильно зависит от частоты и имеет большие пульсации. Результаты моделирования зависимости пульсаций от частоты при низких частотах значительно отличаются от расчетных, так как пульсации не могут превышать амплитуду напряжения на входе.

Зависимость напряжения на выходе от емкости конденсаторов аналогична зависимости от частоты. Емкость конденсаторов рекомендуется выбирать не менее 1 нФ.

При увеличении количества ступеней умножителя напряжения растет пульсации напряжения на выходе. Таким образом, выбор количества ступеней должен выполняться совместно с выбором частоты входного напряжения и емкости конденсаторов с учетом ограничения допустимых пульсаций напряжения на выходе.

Список литературы

1. Jose Paulo V. S. Cunha, Marcia Begalli, Maria Dias Bellar. High Voltage Power Supply With High Output Current and Low Power Consumption for Photomultiplier Tubes. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, Apr 2012, vol. 59, is. 02.
2. Waghamare, N. M. High Voltage Generation by using Cockcroft-Walton Multiplier / Nikhil M. Waghamare, Rahul P. Argelwar. *International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR)*/ Feb 2015, vol. 4, is. 2.
3. Krunal, Bhonde. Design, Simulation and Implementation of Generation of High DC Voltage by using Cockcroft Walton Multiplier / Krunal Bhonde, Rupesh Fulzele, Gaurav Walke, Mrunali Panse *IJSTE - International Journal of Science Technology & Engineering*, Mar 2017, vol. 3, is. 09.
4. Рогинский, В. Ю. Электропитание радиоустройств. М.-Л. : Госэнергоиздат, 1963. 363 с.

А. А. Моисеев, магистрант
В. В. Сяктерева, кандидат технических наук, доцент
В. Н. Сяктерев, кандидат технических наук, доцент
Кафедра «Вычислительная техника»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Способ применения полупроводниковых терморезисторов в системах измерения температуры поршня ДВС

Рассматривается способ применения полупроводниковых терморезисторов в системе измерения температуры поршня. Изложена методика построения характеристики преобразования с использованием логарифмирования выражения для характеристики преобразования терморезисторов и применения корректирующего параллельного резистора. Практическое применение предлагаемого подхода в составе измерительной системы приведет к уменьшению погрешности и увеличению точности измерения температуры.

Ключевые слова: датчик температуры, линеаризация характеристики преобразования, поршень двигателя внутреннего сгорания, система измерения температуры, терморезистор.

А. А. Moiseev, Master's Degree Student
V. V. Syaktereva, PhD in Engineering, Associate Professor
V. N. Syakterev, PhD in Engineering, Associate Professor
Department of Computer Engineering
Kalashnikov ISTU

Method of using semiconductor thermistors in systems for measuring the temperature of the piston of an internal combustion engine

The method of using semiconductor thermistors in the piston temperature measuring systems is considered. Method for constructing the conversion characteristic using the logarithm of the expression for the conversion of thermistors and applying the correcting of a parallel resistor are described. The practical application of the proposed approach in the measurement system will lead to a reduction in the error and an increase in the accuracy of temperature measurement.

Keywords: temperature sensor, linearization of conversion characteristics, piston of internal combustion engine, temperature measuring system, thermistor.

Основной характеристикой датчиков является функция, или характеристика их преобразования. Она может быть линейной или нелинейной. При аналоговой обработке информации, получаемой с датчиков, нелинейность

характеристики является основным источником систематических погрешностей. При цифровой обработке нелинейность измерительного канала может быть устранена, если эта нелинейность стабильна и не изменяется во времени. Однако и в этом случае важным требованием к функции преобразования является ее плавность, то есть медленное изменение ее первой производной, так как иначе линеаризация оказывается неэффективной даже с использованием современных средств вычислительной техники. Отсюда следует, что задача исследования возможности линеаризации характеристик преобразования датчиков температуры, используемых в современных телеметрических системах термометрирования поршня двигателя внутреннего сгорания (ДВС), является особенно актуальной.

Такие телеметрические системы представляют собой последовательное включение функциональных блоков, образующих измерительный канал. При этом основная часть блоков, включая датчики температуры, вторичные промежуточные преобразователи и источник излучения, располагаются непосредственно на поршне ДВС, совершающего возвратно-поступательные движения и работающего в сложных температурных условиях [1]. В подобных системах максимально снизить влияние на погрешность измерения таких факторов, как высокая температура функциональных блоков, расположенных на поршне, и большое затухание сигнала в оптическом канале связи возможно путем исследования линеаризации характеристик преобразования датчиков температуры простейшими математическими преобразованиями, которые можно реализовать при использовании современных микроконтроллеров в качестве промежуточных преобразователей, расположенных на поршне ДВС [2].

Основными датчиками температуры, используемыми при термометрировании поршня ДВС, являются полупроводниковые терморезисторы СТ1-19 [2, 3].

Характеристика преобразования этих терморезисторов в рабочем диапазоне температур достаточно точно описывается выражением

$$R = R_{\infty} e^{\frac{B}{T}}, \quad (1)$$

где R – сопротивление резистора при данной температуре, Ом; R_{∞} , B – коэффициенты, постоянные для данного терморезистора; T – температура, К.

На основе экспериментально определенных характеристик преобразования восьми терморезисторов в диапазоне температур до +350 °С определены значения коэффициентов R_{∞} и B .

С использованием полученных экспериментальных данных, рассчитанных по формуле (1), характеристики преобразования терморезисторов приведены на рис. 1.

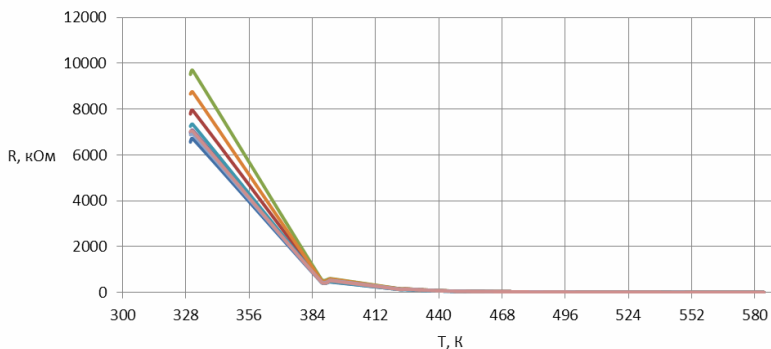


Рис. 1. График зависимости сопротивления от температуры

Как следует из результатов с учетом экспериментально выдержанных температурных интервалов измерений, полученные данные подчиняются экспоненциальному закону, т. е. имеют нелинейный характер и достаточно большой разброс значений сопротивлений, особенно при высокой чувствительности. При температуре в 330 К (57 °С), разброс сопротивлений составляет порядка 2-3 МОм, а при диапазоне температур 330...391 К (57...118 °С) разброс становится уже 7 МОм.

При использовании терморезисторов в системах измерения температуры поршня применяют линеаризацию их характеристики путем включения последовательно-параллельных корректирующих резисторов [3]. Однако такая линеаризация характеристик усложняет аппаратную часть включения терморезисторов в структуру вторичного преобразователя и требует индивидуальной градуировки измерительного канала.

Для исключения указанных недостатков линеаризации с использованием корректирующих резисторов рассмотрим возможности линеаризации путем логарифмирования начальной характеристики преобразования. Выражение характеристики преобразования после логарифмирования имеет вид

$$\ln(R) = \ln(R_{\infty}) + \frac{B}{T}. \quad (2)$$

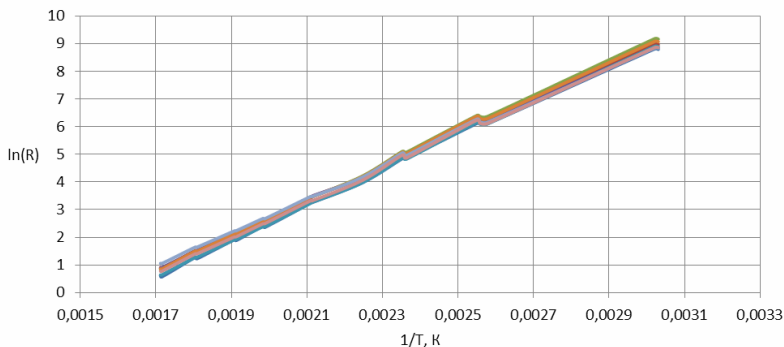


Рис. 2. График зависимости датчиков прологарифмированного сопротивления от обратных значений температур

Как видно, данная функция, графики которой для рассматриваемых терморезисторов приведены на рис. 2, имеет линейную зависимость от обратных значений температур, что делает ее наиболее удобной для использования в системе измерений, построенной на основе микроконтроллеров [2]. Однако за счет разброса собственных параметров терморезисторов, коэффициентов R_{∞} и B , имеется значительных разброс в значениях измеряемой температуры. При температуре 330 К (57 °С) разброс сопротивлений составляет порядка 1,45 МОм; при 445 К (172 °С) – 1,27 МОм, при 584 К (311 °С) – 1,54 МОм. Также следует отметить разброс температур при определенных значениях сопротивления на начальном, среднем и конечном участках (5,8; 7,6 и 30,8 °С).

Кроме того, используемые полупроводниковые терморезисторы имеют очень большой динамический диапазон изменения сопротивлений – от десятков МОм до единиц кОм в диапазоне измеряемых температур, что также затрудняет их схемотехническое включение в структуру вторичного преобразователя. Упростить решение этой задачи и одновременно уменьшить разброс характеристик терморезисторов можно включением параллельного резистора, как это показано на рис. 3.

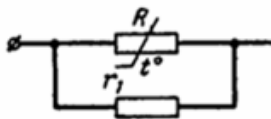


Рис. 3. Схема включения терморезистора с параллельным линейным резистором

Аналитическое выражение для полученной характеристики преобразование с использованием логарифмирования будет представлено в следующем виде

$$\ln(R_{\text{экв}}) = \ln(R_{\infty}) + \frac{B}{T} + \ln(R_{\text{пар}}) - \ln(R_{\infty} e^{\frac{B}{T}} + R_{\text{пар}}). \quad (3)$$

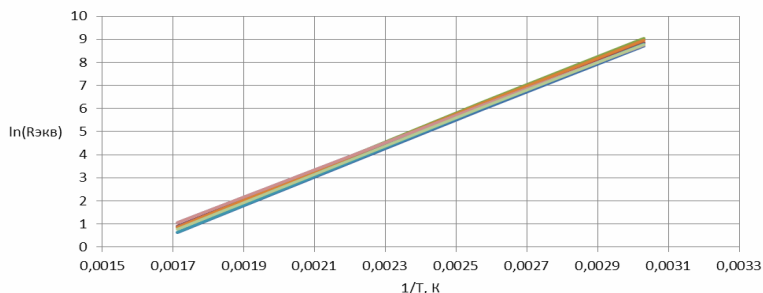


Рис. 4. График зависимости эквивалентного сопротивления датчиков от обратных значений температур

Как видно, данная функция, графики которой для рассматриваемых терморезисторов приведены на рис. 4, имеет полностью линейную зависимость от обратных значений температур, уменьшается разброс параметров и увеличивается точность измерений. При температуре в 330 К (57 °С), разброс сопротивлений составляет порядка 1,37 Мом; при 445 К (172 °С) – 1,33 Мом; при 584 К (311 °С) – 1,33 МОм. Из этого следует, что на разных участках разброс сопротивлений не только уменьшился, но и стал отличаться на меньшие значения, чем в ранее указанном методе. Также следует отметить, что разброс температур на тех же участках сопротивления снизился и уменьшился в 2,5 раз, что позволяет измерять температуру с высоким значением с погрешностью ± 6 °С, что не удовлетворяет при измерении температуры поршня.

Уменьшить разброс и погрешность измерения можно с помощью разделения всей характеристики преобразования терморезисторов на участки, и для каждого из них следует применять свой корректирующий резистор. В таблице приведены участки характеристики преобразования и соответствующие номиналы корректирующих резисторов.

Диапазоны температур и номиналы резисторов

$t, ^\circ\text{C}$	T, K	$R_{\text{пар}}, \text{КОм}$
57...115	0,00303...0,00258	25000
115...172	0,00258...0,00225	2000
172...311	0,00225...0,00171	300

Построенный график зависимости для выбранных участков с учетом объединения терморезисторов по парам представлен на рис. 5.

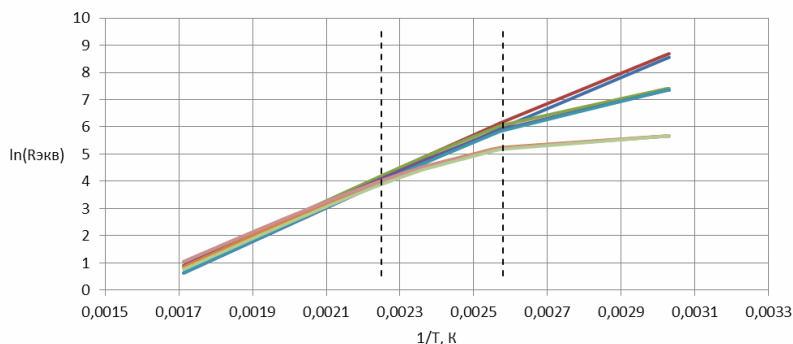


Рис. 5. График зависимости с разбитыми по парам датчиками и соответствующими им параллельные резисторы

Как видно из графиков зависимости, на каждом из выбранных участков наблюдается линейность, а также минимальный разброс характеристик. При изучении поведения графиков стоит отметить тот факт, что отдельные типы терморезисторов очень близки по своим характеристикам. Их можно выделить в отдельную группу, а остальные терморезисторы исключить из анализа.

То есть при большой партии исследуемых терморезисторов можно отобрать достаточное количество датчиков для построения системы измерений температуры в поршне в 8-15 точках без использования индивидуальной градуировки измерительных каналов.

Как видно из графиков на рис. 6, разброс температур не превышает $\pm 1 ^\circ\text{C}$ в нужном диапазоне измерения температуры поршня.

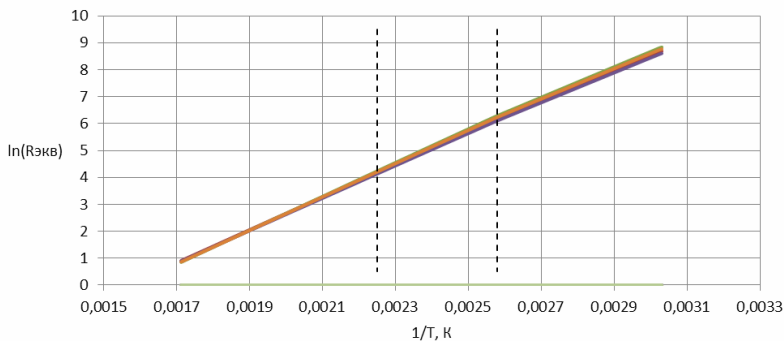


Рис. 6. Характеристики преобразования группы из 4-х датчиков

Таким образом, использование характеристик преобразования терморезисторов от обратных значений температур с корректирующим резистором позволяет линеаризовать характеристику измерительного канала с использованием современных микроконтроллеров и упрощает структуру промежуточного преобразователя, расположенного на поршне и позволяет повысить точность измерения температуры поршня за счет применения цифровых методов передачи информации по оптическому каналу связи.

Список литературы

1. *Сяктерев, В. Н.* Исследование влияния методических погрешностей на точность измерения температуры подвижных деталей двигателей с использованием телеметрических систем измерения / В. А. Куликов, В. Н. Сяктерев, В. В. Сяктерева // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2014. № 4. С. 118-121.
2. *Сяктерев, В. Н.* Исследование возможности применения микроконтроллеров PIC в системах термометрирования поршня двигателя / В. Н. Сяктерев, В. В. Сяктерева, Акчурин И. С. // Вестник ИжГТУ. 2013. № 2. С. 105-108.
3. *Куликов, В. А.* Градуировка автоматизированной системы температурных испытаний поршня двигателя внутреннего сгорания / В. А. Куликов, В. Н. Сяктерев // Вестник ИжГТУ. 2012. № 1. С. 92-95

А. А. Ложкин, доктор технических наук, профессор
Р. Т. Хазияхметов, аспирант
Кафедра «Программное обеспечение»
ИжГТУ имени М. Т.Калашникова

Расчеты траектории движения робота, описываемой жордановыми кривыми

Представлен расчет механизма движения на траектории. Предлагается новый метод вычисления, который основан на математической лингвистике и реляционной алгебре. Коротко перечислены эксперименты в областях геометрического моделирования и управления роботом.

Ключевые слова: расчет траектории, симметрия, произвольная кривая, робот.

A. G. Lozhkin, Doctor of Engineering Sciences, Professor
R.T. Khaziyakhmetov, Post-graduate
Department of Software
Kalashnikov ISTU

The computation of Jordan curver trajectory of the robot movement

This article presents a calculation of the moving mechanism on a trajectory. A new method of calculation is proposed. This method is based on mathematical linguistics and relational algebra. The experiments in the areas of geometric modeling and control of a robot are listed briefly.

Keywords: computation of trajectory, symmetry, arbitrary curves, robot.

Траектории системы механотроники были вычислены на основе принципов архимедова механизма. Конструкция построена из линейных и круговых движений в том виде, как это существует в природе. Одновременно набор движений представляет гораздо более сложную траекторию, такую как эпициклоида, гипоциклоида и т. д. Точность механизма вычислений зависит от методов геометрического управления [1]. Есть только приближенные методы для сложных дифференцируемых кривых. Попробуем представить точные методы вычислений на основе исправлений (поправок) к аналитической геометрии [2].

Выпуклая геометрия очень близка к аналитической геометрии [3]. С ее использованием получаются важные практические результаты. Она формулируется путем добавления аксиом Цермело – Френкеля из теории мно-

жеств. Основная цель исследования – получение содержательных результатов по мехатронным системам и проектирование с помощью ПК (автоматизированном проектировании (автоматизированном изготовлении с применением ПК)). Дополнительно была применена реляционная алгебра Кодда как практическая часть теории Цермело – Френкеля. Доказательства Галилео и Лейбница основаны на геометрических конструкциях. Мы использовали математическую лингвистику для улучшения точности геометрического моделирования в автоматизированном проектировании и автоматизированном управлении, мехатронике и т. д. Мы получили евклидову плоскость как текст [3].

Гильберт, сформулировавший аксиомы для евклидовой плоскости, предложил рассматривать построение лингвистических правил. Уровни исследования текста представляют собой внутренние отношения в плоскости.

Основными использовавшимися постулатами были перестановочные, зеркальные и унитарные матричные симметрии Дьедоне; таблица автоморфизмов и симметрии переносов по Вейлю; определения симметрии Борно; бинарный автоморфизм по Бехману. Основное внимание в данном исследовании было уделено симметрии перестановки. Евклидова плоскость есть реляционная таблица. Доказательство легкое, потому что реляционная алгебра может работать с конечными и бесконечными таблицами. Евклидова плоскость является связанной таблицей. Приложения метода к Дьедоне автоморфизмам показывает, что бинарная симметрия принадлежит к двум математическим дисциплинам – теории чисел и универсальной алгебре.

Поведение симметрии рассматривалось реляционной алгеброй и семиотическим анализом. Применение метода к автоморфизмам Дьедоне показало, что расширенная таблица симметрий Дьедоне была построена на основе знаний симметрии и реляционной алгебры. Эта таблица представлена ниже [3]:

- 1) существование множества ($A \neq \emptyset$ Цермело);
- 2) существование отношения ($a_1 R a_2$ Кодд);
- 3) элемент принадлежности множеству ($a \in A$ Френкель);
- 4) универсальные соотношения ($f: \Omega \rightarrow \Omega'$ значение);
- 5) лингвистическое описание множества (Р. Декарт);
- 6) лингвистическое представление соотношения Р. Декарта;
- 7) сохранение кардинальности ($m(A) = \text{const}$ Лагранж);
- 8) сохранение степенных отношений – Клейн;
- 9) лингвистический порядок ($\vec{v} = xi + yj + zk + w$ Гамильтон);
- 10) математический порядок ($(a_i \prec a_{i+1}, \text{ где } a_i, a_{i+1} \in R \text{ (Кантор)})$);

11) перестановка $(a_i \leftrightarrow a_j)$;

12) зеркальная симметрия $(a_i(-1) \leftrightarrow -a_j)$.

Так как связь между автоморфизмами 10 и 12 была впервые открыта Гильбертом, симметрия знаний может быть названа в его честь. Симметрия с номером 1 и 2 комбинируется как

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Связь между симметриями из теории множеств и универсальной алгебры определяется аксиоматикой Гильберта и формулой связи между действительными и комплексными Эйлера. Основной особенностью таблицы является иерархия. Симметрия с минорным номером определяет действие следующих автоморфизмов. Симметрии берутся из двух наук, поэтому есть два метода решения вычисления траекторий.

Эллиптическая и гиперболическая траектория может быть вычислена с помощью непроективных преобразований классическим методом или прямым аналитическим методом [2, 3, 4]. Непроективные решения для жордановых кривых отсутствуют.

Пусть имеется произвольная фигура Φ – жорданова кривая в евклидовой плоскости R^2 в декартовой системе координат, определенной параметрическим уравнением [3]

$$\begin{cases} x - f_x(t) = 0, \\ y - f_y(t) = 0, \end{cases} \quad (3)$$

где функции $f(t)$ и $g(t)$ кусочно-непрерывны. Если фигура уравнения определена, то его всегда возможно написать. Класс форм, определенных только неявной функцией $F(x,y) = 0$ не рассматривается в этом исследовании. Мы выполним любое преобразование фигуры Φ определенной матрицей, где необходимо получить параметры преобразованной фигуры (решить характеристическое уравнение).

Основой для прямого метода линейных преобразований является проявление регулируемой симметрии [3], а именно:

$$\begin{cases} cf_x(t+\alpha) - af_x(t+\beta) - hf_y(t+\beta) = 0, \\ df_y(t+\alpha) - gf_x(t+\beta) - bf_y(t+\beta) = 0, \end{cases} \quad (4)$$

где β – угол переставной симметрии.

Неортогональный базис [3] является формой от углов α и β . Рассмотрим решение характеристического уравнения для центрально симметричных конических сечений. Только уравнение собственного угла α использует классический метод [3, 4]:

$$\tan 2\alpha - \frac{2(bh + ag)}{(a^2 + h^2) - (b^2 + g^2)} = 0. \quad (5)$$

Полуоси параметров считаются трудными для рассмотрения в классическом методе [3], так как они представляют радикальную зависимость.

Новый прямой аналитический метод для линейного преобразования был предложен ранее. Свободное от радикалов является более простым и доступным для дальнейших математических выводов. Этот метод основан на переставной симметрии и других симметриях [3, 4].

Вычислим угол β , который симметричен собственному углу α для системы

$$\tan 2\beta - \frac{2(gb + ha)}{(a^2 + g^2) - (b^2 + h^2)} = 0 \quad (6)$$

на первом шаге [3]. Угол $\alpha_{1,2}$ определяется с помощью уравнения [3]

$$\begin{cases} \tan 2\alpha_1 = \frac{a \tan \beta - h}{b - g \tan \beta}, \\ \tan 2\alpha_2 = \frac{b \tan \beta - g}{a + h \tan \beta}. \end{cases} \quad (7)$$

Углы равны, если вычисления и преобразования правильны [3]. Коэффициенты $\lambda_1 = c$ и $\lambda_2 = d$ равны при

$$\begin{cases} c_1 = \frac{a \cos \beta + h \sin \beta}{c \cos \alpha}, \\ c_2 = \frac{b \sin \beta + h \sin \beta}{c \sin \alpha}; \end{cases} \quad (8)$$

$$\begin{cases} d_1 = \frac{a \sin \beta + g \cos \beta}{2}, \\ d_2 = \frac{b \cos \beta + g \sin \beta}{\cos \alpha}. \end{cases} \quad (9)$$

Начальная система [3] будет:

$$\begin{cases} x = c_1 \cos(t + \alpha) , \\ y = d_1 \sin(t + \alpha) , \end{cases} \quad (10)$$

и

$$\begin{cases} x = c_2 \cos(t + \alpha) , \\ y = d_2 \sin(t + \alpha) . \end{cases} \quad (11)$$

Оба решения справедливы, и нет необходимости выбирать. Полуоси эквивалентны $c_1 = c_2$ и $d_1 = d_2$. Решение не имеет квадратных корней в отличие от классического, поэтому его легко использовать в дальнейших вычислениях.

Например, рассмотрим движение точки, расположенной вне оси плоского стержня. Система уравнений, описывающая движение третьей точки [3], имеет вид

$$\begin{cases} x = p \cos t + s \sin t , \\ y = s \cos t + (l + p) \sin t , \end{cases} \quad (12)$$

где l – длина кривошипа; p, s – координаты точки (x, y) в системе координат плоского стержня.

Решение [3], предлагаемое по данному методу, имеет вид

$$\begin{cases} x = (l - p + s \cos \alpha) \cos(t + \alpha) , \\ y = (p - s \cos \alpha) \sin(t + \alpha) , \end{cases} \quad (13)$$

и

$$\begin{cases} x = (l + s \tan \alpha) \cos(t + \alpha) , \\ y = (l - p - s \tan \alpha) \sin(t + \alpha) , \end{cases} \quad (14)$$

$$\text{где } \tan 2\alpha = \frac{2s}{2l - p} .$$

Решение по классическому методу [3] для матрицы преобразования

$$\tan 2\alpha = \frac{2s}{2l - p} \quad (15)$$

с помощью обратной матрицы

$$T^{-1} = \frac{1}{\det T} \begin{pmatrix} l-p & -s \\ -s & p \end{pmatrix} \quad (16)$$

имеет вид

$$\begin{cases} x = \lambda_1 \cos(t + \alpha), \\ y = \lambda_2 \sin(t + \alpha), \end{cases} \quad (17)$$

или

$$\begin{cases} x = \lambda_2 \cos(t + \alpha), \\ y = \lambda_1 \sin(t + \alpha), \end{cases} \quad (18)$$

где $\lambda_{1,2} = \frac{l \pm \sqrt{l^2 - 4((l-p)p - s^2)}}{2((l-p)p - s^2)}$. Угол α не изменен.

Как можно видеть из этих результатов, предлагаемый метод может быть легко использован в последующих вычислениях. Например, если вы не можете решить дифференциальное уравнение.

Характерная параметрическая система $T\vec{v} = \lambda\vec{v}$, где T – матрица преобразований, $\vec{v}$ – вектор, λ – множество чисел, используется во многих науках, таких как механика, физика, экономика, криптография и т. д. Авторы считают, что основной результат [3] исследования в том, что вектор принадлежит $\vec{v} \in \left\{ \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} y \\ x \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} -y \\ -x \end{pmatrix} \right\}$. Результат преобразования зависит от пере-

становки и зеркальных симметрий. Два других численных автоморфизма влияют на аналитические результаты таким образом, что они становятся идентичными. Этот результат влияет на многие из теоретических и практических приложений. Собственный угол α был изучен в деталях. Особенное внимание должно быть уделено теоретическому исследованию угла β в неортогональном базисе. Из этого угла могут быть получены аналитические формулы для превращения жордановых кривых и сложных нелинейных преобразований.

Аналитическое решение для расчета открывается для сложных траекторий мехатронной системы [3]. Точность конструирования определяется в пределах хранения компьютерных данных точности обрабатывающего оборудования. Как правило, люди конструируют симметричные системы

мехатроники. Поэтому большинство мехатронных систем могут быть вычислены с помощью метода, предложенного в этой статье.

Аналитическая геометрия является самой простой из существующих геометрий [3]. Мы показали возможность получения точных формул, основанных на ней, возможность изготовить роботов согласно математической теории. Вычисления не могут быть сделаны для всех линейных параметрических систем. Разработка теории расширит класс систем [3], в свою очередь, точные и скоростные роботы сделают возможным конструирование.

Указанный математический расчет является подходящим методом для определения траектории мобильных роботов [3]. Необходимо отслеживать запрограммированный процесс траектории с предельно высокой точностью. Они являются в основном инженерными технологиями по погрузке и разгрузке материалов в точном производственном процессе, а также в области электротехники и в производстве новых изделий с помощью передовых методов печати.

Список литературы

1. Bozek, P, Turygin, Y. Measurement of the operating parameters and numerical analysis of the mechanical subsystem. *Meas. Sci. Rev*, 2014, vol. 14, pp. 198-203.
2. Ложкин, А. Структурирование аналитической геометрии на основе симметрий /А. Ложкин, Н. Дюкина. Saarbrücken : Изд-во LAP, 2012. 176 с.
3. Pavol Bozek, Peter Pokorny, Jozef Svetlík, Alexander Lozhkin, Igor Arkhipov. The calculations of Jordan curves trajectory of the robot movement. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 2016, September – October, pp. 1-7.
4. Lozhkin A, Abramov I, Bozek P. The issue of calculating elliptic trajectories. *Manuf. Technol*, 2014, vol. 4, pp. 561-566.

И. Н. Васильев, студент
Д. Е. Перевозчиков, студент
Кафедра «Программное обеспечение»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Информационно-измерительная система автоматизации считывания данных электросчетчиков

Рассматривается применение современных решений в области снятия и накопления показаний со счетчиков электроэнергии. Изложены основные принципы функционирования разработанной информационно-измерительной системы.

Ключевые слова: автоматизация, приборы учета, микроконтроллеры, информационно-измерительная система.

*I. N. Vasilyev, Student
D. E. Perevozchikov, Student
Department of Software
Kalashnikov ISTU*

Information-measuring system of the automated data reading of electricity meters

Application of modern decisions in the field of removal and accumulation of indications from counters of the electric power is considered. The basic principles of operation of the developed information-measuring system are stated.

Keywords: automation, metering devices, microcontrollers, information and measuring system.

Повседневные бытовые счетчики электроэнергии подразделяются на механические и электронные. Первые имеют ряд недостатков по отношению ко вторым. Во-первых, механический подсчет электроэнергии имеет неточный характер. Во-вторых, используя механические счетчики, легче осуществлять кражу электроэнергии. В-третьих, с такого счетчика затруднен процесс снятия показаний – требуется систематический обход всех приборов учета для сбора показаний на бумажный носитель, с которого далее показания отправляются в управляющую компанию. Нельзя не согласиться с тем, что такой подход обременителен, и для многих довольно трудно постоянно записывать показания.

Современные электронные счетчики электроэнергии являются более интеллектуальным решением. В этих устройствах имеются специальные

выводы, подключив к которым микроконтроллер, можно накапливать телеметрическую информацию. Принципиальная схема устройства, реализующего такой способ снятия показаний, приведена на рис. 1.

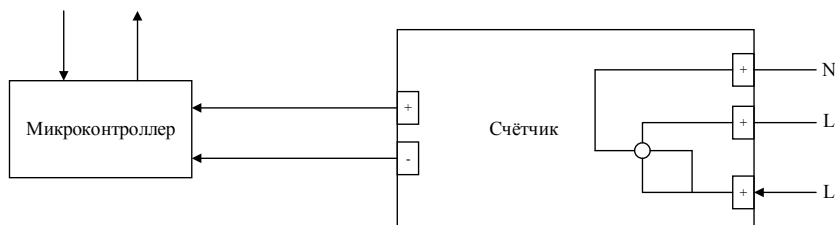


Рис. 1. Структурная схема устройства снятия показаний с импульсных выводов счётчика

Принцип их действия таков. При потреблении единицы энергии счетчик подает на эти выводы некоторое количество импульсов. Микроконтроллер, считывая эту информацию, детектирует импульсы и увеличивает показания счетчика затраченной энергии. Но даже такой способ не является удобным. Главным недостатком является такая ситуация, когда микроконтроллер по каким-то причинам не подсчитывает импульсы. В этом случае при следующей сессии подсчитывания придется самостоятельно корректировать значение, которое он уже накопил, в соответствии с текущими показаниями.

С недавних пор на рынке стали появляться устройства учета, оборудованные собственной энергонезависимой памятью, в которую записываются текущие показания электроэнергии [1]. Кроме того, такие счетчики помимо импульсных выводов обладают еще и стандартными интерфейсами ввода/вывода (такими как RS-485, CAN). Наличие этих интерфейсов обеспечивает более простой способ снятия показаний. Имея спецификацию на прибор и устройство, способное отправлять сигналы по RS-485-интерфейсу, можно беспрепятственно снимать показания с такого устройства.

Учитывая всё вышеперечисленное, было принято решение использовать в своих экспериментах именно такой счетчик, т.е. счетчик, обладающий функционалом снятия показаний по интерфейсу RS-485.

Поскольку авторами предложена информационно-измерительная система (ИИС), то одним только снятием показаний не ограничились. Была также поставлена задача накопления текущих показаний для последующей их обработки.

Структурная схема ИИС показана на рис. 2.

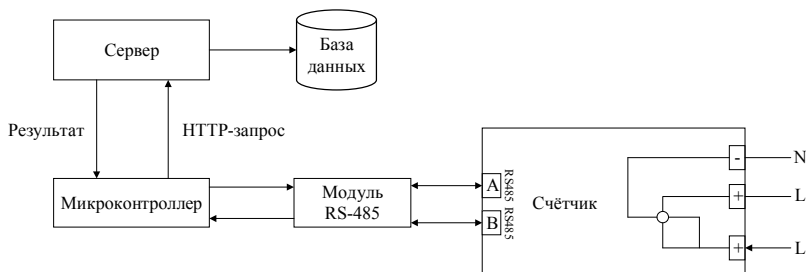


Рис.2. Структурная схема ИИС

В качестве микроконтроллера, осуществляющего прием и передачу данных, была выбрана программируемая плата Arduino [2]. Это устройство, давно зарекомендовавшее себя для работ, не требующих высокой вычислительной мощности. Так как плата Arduino не имеет интерфейса RS-485, то в схему был добавлен модуль-конвертер RS-485 [3], обеспечив Arduino нужным функционалом. В качестве сервера использовался бесплатный программный продукт Open Server 5.2 со встроенной базой данных MySQL [4]. Эта связка программных продуктов является удобной и не требует больших навыков работы по настройке серверов и баз данных. Обмен по каналу RS-485 производится двоичными байтами на скорости от 1200 до 9600 Бод.[3] Счетчик в составе системы всегда является ведомым, т. е. не может передавать информацию в канал без запроса ведущего, в качестве которого в нашем случае выступает плата Arduino. Она посылает адресные запросы счетчику в виде последовательности двоичных байт, в результате чего адресованный счетчик посылает ответ в виде последовательности двоичных байт. Число байт запроса и ответа не является постоянной величиной и зависит от характера запроса. Таким образом, чтобы получить показания, нужно отправить на счетчик команду в виде последовательности байтов. Команды, на которые счетчик реагирует, представлены в таблице.

Команды счетчика

Описание команды	Последовательность байт
Текущие расход, kWh	01 03 00 00 00 02 C4 0B
Текущее напряжение, V	01 03 00 0C 00 01 44 09
Текущие показания тока, I	01 03 00 0D 00 01 15 C9
Пример ответа	01 03 04 00 00 03 E8 2C 7C

В последовательности байтов ответа третий байт обозначает количество байт данных, в которых хранятся показания, а следующее за ним – количество байт есть данные, необходимых для обработки.

Прежде всего было решено проверить (абстрагируясь от серверной части системы), реагирует ли счетчик на посылаемые команды. Была написана программа для платы Arduino, которая посылала последовательность байтов различных команд на счетчик. В ответ выводилась последовательность полученных байтов, часть из которых переводилась в десятичную систему счисления. Результаты проведенного эксперимента показаны на рис. 3.

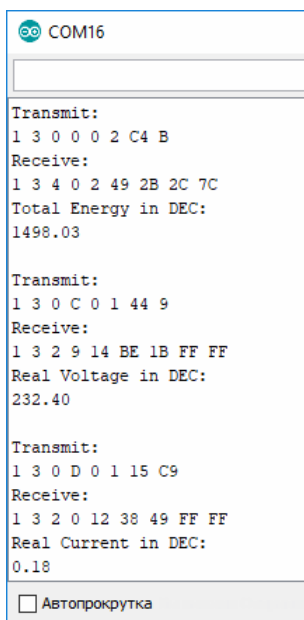


Рис. 3. Проверка реакции счётчика на посылаемые команды

Как видно из рис. 3, ответ от счетчика успешно приходит. Это означает, что задача проверки этой части системы выполнена.

На следующем этапе проводилось соединение микроконтроллера с серверной частью и базой данных. Для этого в программе Open Server был создан домен с фиксированным IP-адресом в локальной сети. Через интерфейс Open Server создана база данных с названием test и таблицей electricity. Поля этой таблицы изображены на рис. 4.

Далее необходимо было обеспечить соединение платы Arduino с сервером и отправку данных на сервер. Для этого в программный код платы Arduino добавлены строки, обеспечивающие соединение с сервером, а также управляющие на сервер HTTP-запрос со значениями переменных, храня-

щих полученные со счетчика показания. Получив HTTP-запрос, сервер запускал выполнение PHP-скрипта, осуществляющего подключение к ранее созданной базе данных и выполняющего вставку в нее полученных значений. Результат проделанной работы показан на рис. 5.

Столбцы: ➕ Добавить ➖ Удалить ⬆ Вверх ⬇ Вниз

#	Имя	Тип данных	Длина/Знач...	Беззна...	Разреш...	Zerofill	По умолчанию
1	id	INT	11	☐	☐	☐	AUTO_INCREMENT
2	time	TIMESTAMP		☐	☐	☐	CURRENT_TIMEST...
3	totalEnergy	FLOAT		☐	☒	☐	NULL
4	realVoltage	FLOAT		☐	☒	☐	NULL
5	realCurrent	FLOAT		☐	☒	☐	NULL

Рис. 4. Созданная таблица базы данных и её поля

Хост: 192.168.1.110 База данных: test Таблица: electricity Данные

test.electricity: 9 всего

Далее Показать все Сортировка

id	time	totalEnergy	realVoltage	realCurrent
1583	2018-04-14 11:03:08	1 498,04	225,6	0,17
1584	2018-04-14 11:03:11	1 498,04	228,3	0,17
1585	2018-04-14 11:03:14	1 498,04	226,6	0,17
1586	2018-04-14 11:03:17	1 498,04	229,3	0
1587	2018-04-14 11:03:21	1 498,04	228,9	0
1588	2018-04-14 11:03:24	1 498,04	229	0
1589	2018-04-14 11:03:28	1 498,04	231,5	0,04
1590	2018-04-14 11:03:31	1 498,04	228,6	0,17
1591	2018-04-14 11:03:34	1 498,04	228,6	0,17

Рис. 5. Записи базы данных о текущих показаниях счетчика

Был проведен эксперимент, в ходе которого в цепь счетчика включался электроприбор, который через некоторое время выключали, а затем вновь включали. На рис. 5 можно наблюдать этот процесс, если проследить за изменяющимся значением силы тока. В начале эксперимента $I = 0,17$ А, при выключении $I = 0$, а при включении ток нарастает, вновь становясь равным $I = 0,17$ А. Это дает интересные возможности. Например, в дальнейшем по этим показателям можно научиться программно определять, какой прибор был включен в сеть.

Таким образом, реализован один из вариантов получения и накопления показаний прибора учета электроэнергии. Разработанная ИИС (при условии создания управляющей системы) дает возможность анализировать по-

требление электроэнергии в любое время суток, определять, какой прибор был включен в сеть, и отправлять текущие показания в управляющую компанию.

Список литературы

1. Современные методы контроля количества и качества коммунальных ресурсов как инструмент энергосбережения в ЖКХ / Л. Н. Чернышов, Б. В. Башкин, С. С. Соколов, Е. А. Гудкова // Энергосбережение и водоподготовка. 2009. № 6. С. 43–47.
2. Краткий обзор и перспективы применения микропроцессорной платформы Arduino / Е. Я. Омельченко, В. О. Танич, А. С. Маклаков, Е. А. Карякина // Электротехнические системы и комплексы. 2013. № 21. С. 28–33.
3. Модуль преобразователя интерфейсов UART TTL – RS-485 (на MAX485) // Умный дом. Его устройство и системы. URL: <http://umnyjdomik.ru/module-preobrazovatelya-interfejsov-uart-ttl-rs-485-na-max485.html> (дата обращения: 12.04.2018).
4. Open Server. URL: <https://ospanel.io/> (дата обращения: 12.04.2018).

Р. А. Тратканов, магистрант
Е. М. Марков, кандидат технических наук, доцент
Кафедра «Вычислительная техника»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Разработка имитатора оружия для инфракрасного тира

Предложено решение по уменьшению экономических затрат и повышению общедоступности тира на основе замены пневматического оружия на инфракрасный имитатор оружия.

Ключевые слова: имитатор оружия, инфракрасное излучение, микроконтроллер, тир, структурная схема.

R. A. Tratkanov, Master's Degree Student
E. M. Markov, PhD in Engineering, Associate Professor
Department of Computer Engineering
Kalashnikov ISTU

The development of weapons simulator for infrared shooting range

This article provides a solution to reduce economic costs and increase accessibility of the shooting range based on the replacement of the pneumatic weapons with the infrared simulation weapons.

Keywords: weapon simulator, infrared, microcontroller, shooting range, structural scheme.

Одним из главных элементов тира является имитатор оружия, от которого в немалой степени зависит ценообразование как самой системы тира, так и стоимости каждого выстрела. Еще одним немаловажным параметром имитатора оружия является его безопасность для стрелка и окружающих. Одним из вариантов построения тира является телевизионный [1]. Работа имитатора оружия для такого тира основывается на нескольких принципах: внешняя камера фиксирует на мишени попадание пули, инфракрасного пятна или опорных точек и других. Предпочтительным вариантом является инфракрасный вариант, так как не требует особых условий эксплуатации и не сложен в разработке. Принцип, когда камера находится в самом имитаторе оружия и определяет, куда в данный момент целится стрелок, усложняет размещение электроники в корпусе имитатора, а также требует решение многих проблем, например, связанных с передачей данных или стабилизацией изображения из-за дрожания рук. Самым экономичным

вариантом является такой, когда попадание по мишени будет фиксироваться внешней камерой, подключенной к компьютеру.[1]

В отличие от пуль пневматического имитатора и лазерных лучей ИК-лучи при условии недлительного воздействия, а также несильной концентрации лучевого пучка не опасны для человека, благодаря чему используются на пультах и многих других бытовых приборах. Длительность выстрела лучом ИК-диапазона составляет не более 30-35 миллисекунд, и луч имеет рассеивание в среднем 20 градусов, и для тира концентрировать их менее чем в 1 градус не требуется. Фиксация попадания такого луча производится либо с помощью камеры, либо с помощью датчиков, основанных на ИК-приемниках. При использовании камеры необходимо учитывать тот факт, что на мишени будет не точка, а пятно с некоторым диаметром из-за чего в программе по нахождению точки попадания необходимо найти центр пятна. Пример реализации нахождения центра координат можно найти в автореферате [2]. Стоимость электроэнергии, которой необходимо обеспечить имитатор, в разы меньше, чем средняя стоимость пуль пневматического оружия. Если для ИК-имитатора оружия будет использоваться кабель для питания, то в расчет необходимо взять среднее потребление энергии и ее среднюю стоимость по стране. Следующая формула определяет ценообразование одного выстрела ИК-имитатора в случае питания от сети:

$$P = C \cdot I \cdot U, \quad (1)$$

где C – цена за электроэнергию; A – среднее потребление тока за выстрел; V – напряжения питания; P – цена за выстрел.

Средняя стоимость электроэнергии в России составляет 3,1 копейки за 1 Вт ч [3]. Основными потребителями тока в ИК-имитаторе являются микроконтроллер (МК) и ИК-диод, соответственно, сложив их средние значения по потреблению тока во время работы, получим I . МК в среднем потребляет менее 1 мА, а для выстрела ИК-диоду в среднем потребуется 100 мА. Также ИК-диод в среднем требует для работы 3 В, 1,5 из которых уходит на преодоление внутреннего сопротивления. МК для питания требует около 5 В, берем большее напряжение. Сложив значения и подставив их в формулу (1), получим:

$$P = 3,1 \cdot (0,001 + 0,1) \cdot 5 \approx 1,57 \text{ коп/ч.}$$

Итого получается, что один час работы ИК-имитатора, при подключении к сети, будет обходиться с учетом дополнительных расходов менее чем в 2 копейки. В случае использования беспроводного ИК-имитатора необхо-

димом дополнительно купить аккумуляторную батарейку, обеспечивающую напряжение питания, рекомендованное производителем, обычно это от 5 до 12 В. Например, 5-вольтовый аккумулятор с емкостью 100 мАч сможет обеспечить один час работы имитатора в непрерывном режиме. При питании от внешнего источника лучше использовать импульсный режим работы ИК-диода, что позволит существенно увеличить время работы от аккумулятора. В таком случае цена, на первый взгляд, сильно возрастет, так как стоимость подобной аккумуляторной батарейки составляет около 300 руб., но благодаря возможности перезарядки аккумулятора более чем 500 раз цена возрастет незначительно, для этого рассчитаем новую стоимость согласно прежней формуле и с импульсным режимом диода.

ИК-диод потребляет 100 мА за выстрел, однако в импульсном режиме выстрел длится не более 30 мс, а не 1 ч, поэтому для правильности расчета нужно перевести значение в мА/ч. $1 \text{ ч} = 3600000 \text{ мс}$, при этом наша задача – узнать стоимость одного выстрела, поэтому 100 мА делим на 3600000 и умножаем на 30, получается, что один выстрел потребляет 0,00083 мА/ч. Подставим новые значения в формулу (1):

$$P = 3,1 \cdot (0,001 + 0,00083) \cdot 5 \approx 0,028 \text{ коп./ч.}$$

Однако не стоит забывать о стоимости аккумулятора. При средней стоимости 300 руб. и минимальной емкости 100 мА/ч с напряжением питания 5 В аккумулятор может быть перезаряжен более 500 раз. Для получения стоимости одной перезарядки аккумулятора нужно емкость умножить на напряжение питания и цену за 1 Вт/ч, получится, что 1,55 коп. стоит одна перезарядка. Так как расчет производится в копейках, переводим стоимость аккумулятора из рублей в копейки, при этом делим минимальное количество перезарядок на цену аккумулятора и получим, что в стоимость каждого цикла перезарядки аккумулятора вложена цена 60 коп. Выстрел потребляет 0,00183 А/ч, значит, за 1 цикл работы такого аккумулятора можно произвести более 50 выстрелов. В результате складываем цену электроэнергии, требуемую при перезарядке аккумулятора, и цену одной перезарядки, после чего делим ее на количество выстрелов и получаем стоимость каждого выстрела:

$$(60 + 1,55) : 50 \approx 1,2 \text{ коп.} \quad (2)$$

Таким образом, стоимость 1 выстрела ИК-имитатора с диодом в импульсном режиме и при питании от аккумулятора будет стоить не более чем 2 коп.

Первым пунктом необходимо разработать структурную схему работы имитатора, для чего нужно определить основные элементы, которые потребуются при сборке. ИК-имитатор оружия должен работать независимо от кабелей и прочих предметов, которые бы мешали при стрельбе. Также он должен производить выстрелы по нажатию на спусковой крючок. Таким образом, вырисовывается схема либо на жесткой логике, либо с использованием МК. Ввиду больших возможностей современных МК и их дешевизны предпочтительнее использовать их. Получившаяся структурная схема изображена на рисунке 1.

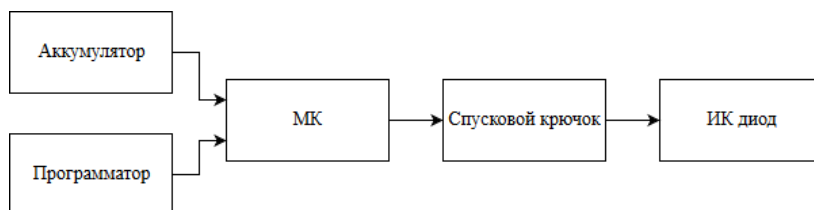


Рис. 1. Структурная схема работы ИК-имитатора оружия

Для питания всей схемы необходима аккумуляторная батарейка, а для загрузки программы в МК необходим программатор. МК выполняет функцию управляющего устройства и находится в режиме ожидания, пока не будет нажат спусковой крючок, роль которого может выполнить любая нормально разомкнутая кнопка без фиксации. ИК-диод получает импульсный ток около 100 мА и при напряжении начинает излучать направленный луч. Современные ИК-диоды достаточно дешевы и обладают высокой мощностью. Необходимо подобрать такой диод, который был бы способен излучать луч с наименьшим расхождением и с наибольшей рассеиваемой мощностью. Также диод должен излучать свет с длиной волны, входящей в ближний инфракрасный спектр, и быть недорогим. В табл. 1 были занесены характеристики наиболее распространенных ИК-диодов: АЛ147А, TSAL6200 и SFH4550 [4].

Таблица 1. Сравнительная характеристика ИК-диодов

Название	Цена, руб.	Рассеиваемая мощность, мВт/ср	Ток (импульс), мА	Длина волны, нм	Видимый угол, градусов
SFH4550	60	630	100	860	6
АЛ147А	45	15	100	815	40
TSAL6200	20	200	100	940	17

Из таблицы видно, что все диоды работают в ИК-диапазоне; наименьший угол рассеивания луча для создания пучка и самая большая мощность рассеивания у SFH4550, однако он также является самым дорогим. Тем не менее его цена не столь критична при лучших показателях среди аналогов, поэтому выбираем его.

Составим аналогичную таблицу для сравнения МК (табл. 2): PIC16F876A, STM32F100C4T6B, ATmega328p и Z86E0812SEC [4]. Несмотря на то, что имитатор оружия не требует высоких технических характеристик МК, необходимо предусмотреть возможность улучшения разработанного имитатора и исходить из оптимальной стоимости.

Таблица 2. Сравнительная характеристика микроконтроллеров

МК	Ядро	Цена, руб.	ПЗУ, кб	Потребление энергии, мА	Тактовая частота, МГц
PIC16F876A	PIC16 8bit	200	14	< 0,6	20
STM32F100C4T6B	ARM 32-bit Cortex M0	150	16	< 0,23	24
ATmega328p	xmega 8-bit	100	32	< 0,2	20
Z86E0812SEC	Z-8	350	2	< 0,25	12

Самыми дешевыми экземплярами являются ATmega328p и STM32F100C4T6B, при этом они оба обладают достаточным быстродействием для работы, однако из-за необходимости предусмотреть возможность расширения желательно выбрать МК с большей памятью для программы и наименьшим энергопотреблением, поэтому из этих двух вариантов лучшим является ATmega328p. Кроме того, ATmega328p обладает не только самой низкой ценой, но и самым низким энергопотреблением и наибольшей памятью для программы, поэтому выбор остается именно за данной моделью.

Для питания МК требуется всего 0,2 мА, а для импульсного выстрела – в среднем 100 мА, а также напряжение питания от трех вольт. МК же требует напряжение питания от 1,8 до 5,5 В, поэтому, основываясь на этих параметрах, необходимо выбрать последний принципиально важный элемент схемы – аккумулятор. Емкость аккумулятора должна быть не менее 100 мА/ч при питании не менее 3 В, чтобы не было просадки аккумулятора при совершении каждого выстрела. Чем выше емкость аккумулятора, тем больше выстрелов можно будет совершить до необходимости подзарядки.

В табл. 3 приведены несколько вариантов аккумуляторов, которые можно купить в городском магазине электроники.

Таблица 3. Сравнительная характеристика аккумуляторов

Аккумуляторная батарея	Емкость, мА/ч	Напряжение, В	Типоразмер	Цена, руб.
LP303030	180	3,7	5x33x50	150
DECT-T207	600	3,6	3XAAA	190
ОРБИТА	2400	3,7	18650	250
17R8H	170	8,4	крона(f8)	580

Все аккумуляторы обладают должным напряжением питания, при этом самым высоким показателем обладает 17R8H, однако его цена во много раз превышает цену других аккумуляторов, при этом он обладает самой низкой емкостью. DECT-T207 обладает невысокой ценой при достаточно высокой емкости. Типоразмер 3XAAA имеет габариты 10,5×44,6×31,5 и вес около 36 г. Для утяжеления разрабатываемого имитатора больший вес аккумулятора является плюсом при выборе. Аккумулятор ОРБИТА является самым громоздким и тяжелым, его вес около 50 грамм, при этом данный элемент питания является самым емкостным, но также он дороже DECT-T207 на 60 руб. Самым дешевым является LP303030 с габаритами, близкими к DECT-T207, но ценой ниже на 40 руб. и емкостью ниже более чем в 3 раза. В совокупности параметров лучшим кандидатом оказывается DECT-T207 – он обладает достаточной емкостью для работы, не самой высокой ценой, и габариты позволяют не только вместить его в корпус, но и утяжелить его.

Закончив с выбором элементов, необходимо их объединить в электрическую принципиальную схему, в которой нам также понадобится любой полевой NPN-транзистор с максимально допустимым током выше 0,1 А, маломощный резистор с сопротивлением 10-20 Ом, нормально разомкнутая кнопка без фиксации и двояковыпуклая линза небольшого диаметра. Аккумуляторная батарейка соединяется с МК, коллектором транзистора и одним из входов кнопки, где второй вход соединен с МК. Один из выходов МК соединен с базой транзистора, и при подаче питания с этого вывода будет производиться открытие канала коллектор – эмиттер на транзисторе. Эмиттер транзистора, в свою очередь, соединен с резистором и ИК-диодом, где последний из элементов в цепи заземлен с помощью специального вывода МК, к которому также присоединен аккумулятор для заземления. В итоге при нажатии на кнопку, МК получит сигнал и подаст импульс через транзистор на ИК-диод, обеспечив тем самым луч максимальной длины, а двояковыпуклая линза, размещенная на фокусном расстоянии от диода, сконцентрирует излучение и увеличит дальность стрельбы. Собранная схема, показанная на рис. 2, располагается внутри корпуса и закрепляется.

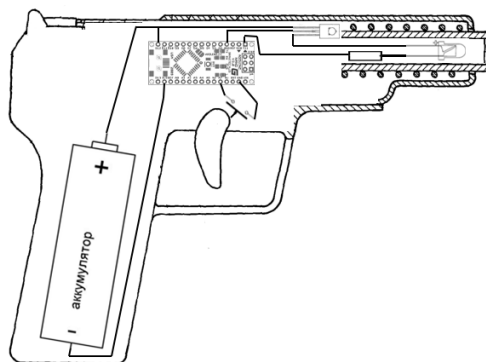


Рис. 2. Размещение схемы в корпусе

В результате проделанной работы было установлено, что за небольшую цену можно самостоятельно собрать ИК имитатор. Для этого необходима аккумуляторная батарейка стоимостью 190 рублей, МК ценой 100 рублей и ИК диод за 60 рублей. Помимо выбранных элементов потребуется: любая дешевая нормально разомкнутая кнопка без фиксации, маломощный резистор на 10-20 Ом, двояковыпуклая линза и полевой NPN транзистор. Общая стоимость остальных электронных компонентов выйдет не более, чем на 50 рублей. В качестве корпуса можно выбрать простую детскую пластмассовую игрушку за 100-200 рублей. Таким образом, суммарная стоимость разрабатываемого ИК имитатора не превысит 600 рублей, что значительно меньше стоимости покупного изделия.

Список литературы

1. *Марков, Е. М.* Разработка мобильной телевизионной системы для измерения параметров дробового выстрела на основе камеры видеонаблюдения / Е. М. Марков, А. Ю. Вдовин // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2014. № 4. С 121–123.
2. *Марков, Е. М.* Разработка методик и средств контроля параметров дробового оружия с использованием телекамеры : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Ижевск, 2011. 23 с.
3. РИАРейтинг. Рейтинг стран Европы по стоимости электроэнергии для населения. URL: <http://riarating.ru/infografika/20170627/630066493.html> (дата обращения: 15.03.18).
4. Электронный каталог магазина ЧИП и ДИП. URL: <https://www.chipdip.ru/> (дата обращения: 14.07.17).

А. П. Манохин, студент
К. А. Никитин, кандидат технических наук
Кафедра «Вычислительная техника»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Математическая модель и методика идентификации измерительного канала для исследования характеристик термопреобразователя сопротивления

Проводится анализ существующих схем измерительных каналов и производится выбор прототипа. Затем производится построение математической модели и методики идентификации канала, разработанного на основе прототипа.

Ключевые слова: термопреобразователь сопротивления, измерительный канал, математическая модель, методика идентификации, промежуточный преобразователь.

A. P. Manokhin, Student
K. A. Nikitin, PhD in Engineering, Senior Lecturer
Department of Computer Engineering
Kalashnikov ISTU

Mathematical model and method of identification of the measuring channel for the study of the characteristics of the resistance thermocouple

The article analyzes the existing circuits of measuring channels and selects a prototype. Then, a mathematical model and channel identification methodology developed based on the prototype is constructed.

Keywords: resistance thermocouple, measuring channel, mathematical model, method of identification, intermediate converter.

Актуальность исследования

Коллективом кафедры «Вычислительная техника» ИжГТУ имени М. Т. Калашникова разрабатываются методы и системы измерения тепловых величин и температурной диагностики. Основными объектами разработок являются первичные преобразователи температуры повышенного разрешения для температурной, а также информационно-измерительные системы для измерения теплопроводности и теплоемкости.

Разработан датчик на основе многозонного термопреобразователя сопротивления цилиндрической конструкции [1] для исследования парамет-

ров которого необходимо проведение экспериментов на специализированном оборудовании [2].

Таким образом, является актуальной разработка измерительного канала с дифференциальным снятием данных и изменяемым значением измерительного тока.

Анализ существующих схем измерительных каналов

Применение ТПС позволяет при построении промежуточного преобразователя применять принципы, использующиеся в устройствах измерения сопротивления. Измерение сопротивления может быть осуществлено путем пропускания через него постоянного тока и измерения падения напряжения на нем. Погрешность измерения зависит от точности задания и поддержания постоянного тока и точности измерения напряжения. Также должна обеспечиваться линейная зависимость выходного напряжения от сопротивления ТПС.

Наиболее экономичным и простым является ПП, выполненный в виде моста на пассивных компонентах (рис. 1) [3].

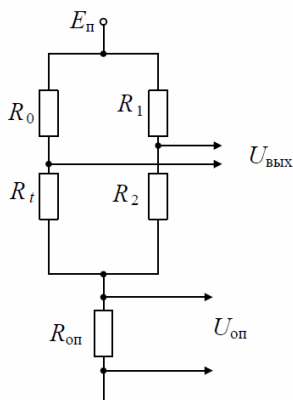


Рис. 1. Промежуточный преобразователь на пассивных компонентах

Функция преобразования данного ПП не зависит от стабильности источника питания, но является нелинейной относительно R_i , что ограничивает возможности ее применения при высоких требованиях по разрешающей способности.

На рис. 2 представлены линейные схемы на основе операционных усилителей (ОУ) [4, 5].

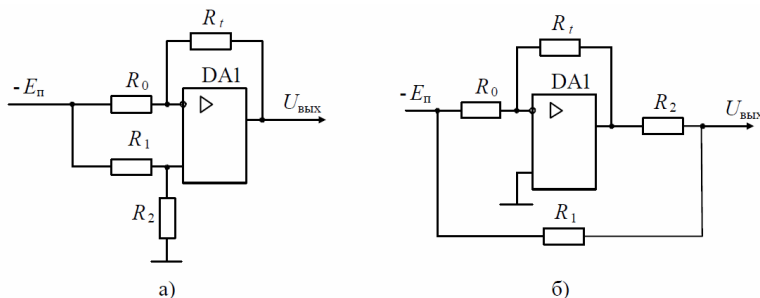


Рис. 2. Промежуточные преобразователи на основе ОУ

В промежуточном преобразователе (рис. 2, а) использовано дифференциальное включение ОУ. В данной схеме зависимость выходного напряжения от сопротивления ТПС оказывается линейной, однако обеспечение подавления синфазной составляющей сигнала (равенства напряжений на входах ОУ) возможно только при выполнении следующего условия:

$$\begin{cases} R_0 = R_1, \\ R_2 = R_f. \end{cases} \quad (1)$$

Применение данной схемы ограничено тем, что невозможность выполнения равенства R_2 и R_f приводит к снижению помехозащищенности.

Этот недостаток отсутствует в схеме ПП, представленной на рис. 2, б. В данной схеме используется инвертирующее включение ОУ, что исключает синфазную составляющую сигнала, вследствие чего повышается помехоустойчивость схемы.

Сопrotивления чувствительных элементов датчика теплового потока являются небольшими (50 Ом), а проходящий через них ток имеет значение в единицы миллиампер. Сопrotивление токозадающего резистора R_0 оказывается много больше сопrotивления ЧЭ R_f , в связи с чем коэффициент усиления по напряжению много меньше единицы, следовательно, снижается напряжение смещения нуля и температурный дрейф на выходе схемы. Данные преимущества позволили использовать последнюю рассмотренную схему в качестве прототипа при разработке канала измерения температуры, проведенной ранее на кафедре.

Разработанный канал измерения температуры (рис. 3) [6] построен на основе специализированных ОУ [7], рассчитанных на работу в системах с одним источником питания. Он состоит из промежуточного преобразователя, собранного на ОУ1 и резисторе R_1 , и нормирующего усилителя, соб-

ранного на ОУ2, ОУ3 и резисторах R_2 , R_3 , R_4 , R_5 , R_6 . Напряжение питания подается от прецизионного источника опорного напряжения ADR421 [8], напряжение смещения – от прецизионного 16-разрядного ЦАП AD5064 [9]. Выходной сигнал оцифровывается 18-разрядным АЦП AD7738 [10].

Данный канал измерения температуры предназначен для работы с фиксированным значением измерительного тока, значение которого можно определить следующим образом:

$$I_0 = \frac{U_{оп}}{R_1}. \quad (2)$$

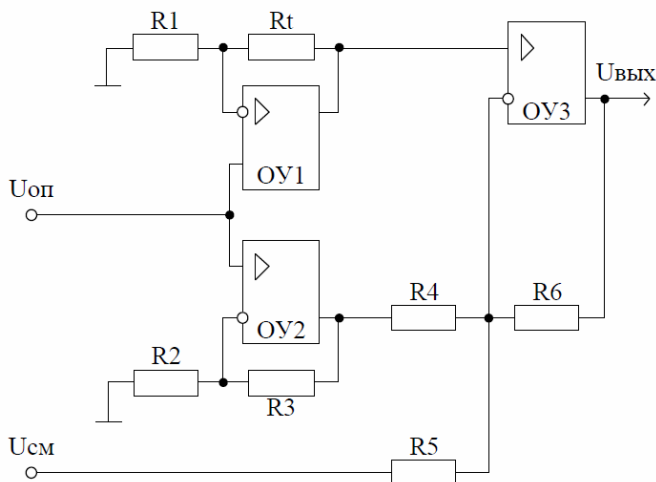


Рис. 3. Функциональная схема измерительного канала с датчиком в цепи ОС

В связи с необходимостью повышения помехоустойчивости и перехода к новой, дифференциальной, схемотехнике, стала актуальной разработка нового измерительного канала. Также актуальной является разработка канала с изменяемым значением измерительного тока.

Расчет схемы измерительного канала с изменяемым значением измерительного тока

Эквивалентная схема измерительного канала с изменяемым значением измерительного тока изображена на рис. 4.

Канал схож с предыдущим. Для установки измерительного тока используется ЦАП1.

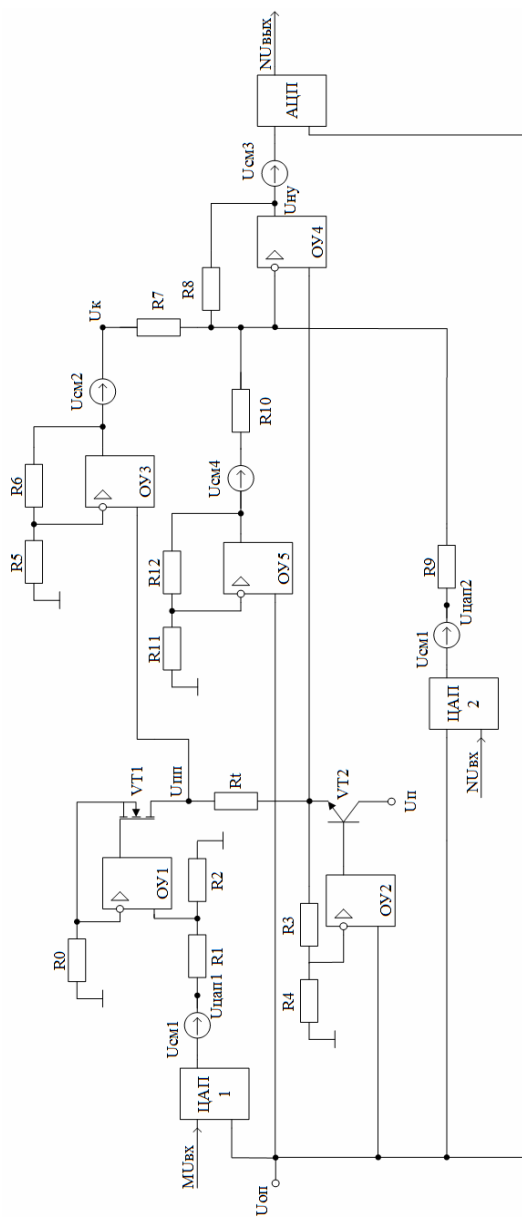


Рис. 4. Эквивалентная схема измерительного канала с изменяемым значением измерительного тока

Измерительный канал предназначен для работы с изменяемым током ТПС, значение которого определяется по формуле

$$I_0 = \frac{UR_2}{R_0(R_1 + R_2)} . \quad (3)$$

Максимальное значение напряжения на выходе ЦАП1 должно соответствовать максимальному значению тока в схеме. Из этого следует, что R_1 должно относиться к R_2 следующим образом:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{U_{\max}}{I_{0\max}} - 1 = \frac{2,5}{0,05 \cdot 1} = 49 . \quad (4)$$

После выбора R_1 равным 13,7 кОм и подстановки его в (4) R_2 окажется равным 279,6 Ом. Из ряда Е96 этому значению соответствует 280 Ом.

Чтобы транзистор VT_1 смог открыться при максимальном токе и максимальной температуре, в цепь обратной связи ОУ2 дополнительно включается делитель напряжения R_3 , R_4 для усиления напряжения до значения 3,5 В:

$$3,5 = U_{\text{оп}} \left(1 + \frac{R_3}{R_4} \right) . \quad (5)$$

Из выражения (5) можно выяснить, как соотносятся R_3 и R_4 :

$$\frac{R_3}{R_4} = \frac{3,5}{2,5} - 1 = 0,4 . \quad (6)$$

После выбора R_4 равным 10 кОм и подстановки его в (6) R_3 окажется равным 4 кОм. Из ряда Е96 этому значению соответствует 4,02 кОм.

Таким образом, напряжение на неинвертирующем входе нормирующего усилителя устанавливается на значении

$$U = 2,5 \left(1 + \frac{4,02}{10} \right) = 3,505 . \quad (7)$$

Так как максимальное значение на выходе цепи компенсации должно устанавливаться при наибольшем значении напряжения на выходе ПП, необходимо рассматривать работу схемы при наименьшем падении напряжения на ТПС, которое устанавливается при минимальном токе и минимальной температуре:

$$\begin{cases} I_0 = 1 \text{ мА} , \\ R_t = 41,48 \text{ Ом} . \end{cases} \quad (8)$$

Из-за необходимости соответствия ряду Е96 расчет будет проводиться при $R_t = 40 \text{ Ом}$, чтобы ОУЗ не выходил из строя при граничных значениях.

Напряжение на выходе ПП определяется как

$$U_{\text{ПП}} = U - I_0 R_t . \quad (9)$$

Для определения значений R_5 и R_6 будет использовано напряжение на выходе ПП

$$U_{\text{ПП}} = 3,505 - 0,001 \cdot 40 = 3,465 , \quad (10)$$

которое должно соответствовать 5 В на выходе цепи компенсации:

$$5 = 3,465 \cdot \left(1 + \frac{R_6}{R_5} \right) . \quad (11)$$

Из выражения (11) можно определить, как соотносятся R_6 и R_5 :

$$\frac{R_6}{R_5} = \frac{5}{3,465} - 1 = 0,443 . \quad (12)$$

После выбора R_5 равным 10 кОм и подстановки его в (12) R_6 окажется равным 4,43 кОм. Из ряда Е96 этому значению соответствует 4,32 кОм.

Для дополнительного смещения используется ОУ5 и резисторы R_{11} и R_{12} .

На выходе ОУ5 должно установиться напряжение 4,5 В:

$$4,5 = U_{\text{оп}} \left(1 + \frac{R_{12}}{R_{11}} \right) . \quad (13)$$

Из выражения (13) можно выяснить, как соотносятся R_{12} и R_{11} :

$$\frac{R_{12}}{R_{11}} = \frac{4,5}{2,5} - 1 = 0,8 . \quad (14)$$

После выбора R_{11} равным 10 кОм и подстановки его в (14) R_{12} окажется равным 8 кОм. Из ряда Е96 этому значению соответствует 8,06 кОм.

Таким образом, дополнительное напряжение смещения устанавливается на значении

$$U_{\text{доп}} = 2,5 \left(1 + \frac{8,06}{10} \right) = 4,515 . \quad (15)$$

Напряжение на выходе нормирующего усилителя будет определяться по формуле

$$U_{\text{вых}} = U \left(1 + \frac{R_8}{R_7} + \frac{R_8}{R_9} + \frac{R_8}{R_{10}} \right) - U_{\text{III}} \left(1 + \frac{R_6}{R_5} \right) \frac{R_8}{R_7} - U_{\text{см}} \frac{R_8}{R_9} - U_{\text{доп}} \frac{R_8}{R_{10}} . \quad (16)$$

Так как в схеме появился дополнительный ОУ для дополнительного смещения, коэффициент усиления по отрицательной ветке не будет равен коэффициенту по положительной ветке. Выходное напряжение должно иметь диапазон 0...5 В при наибольшем токе, поэтому коэффициент усиления нормирующего усилителя по отрицательной ветке

$$K = \left(1 + \frac{R_6}{R_5} \right) \frac{R_8}{R_7} = \frac{\Delta U_{\text{вых}}}{I_{\text{омах}} \Delta R_t} = \frac{5}{0,05 \cdot 0,213 \cdot 90} = 5,216 . \quad (17)$$

Подставив значения R_5 и R_6 в (17), можно определить, как соотносятся R_8 и R_7 :

$$\frac{R_8}{R_7} = \frac{5,216}{1 + \frac{4,43}{10}} = 3,615 . \quad (18)$$

После выбора R_8 равным 14,3 кОм и подстановки его в (18) R_7 окажется равным 3,956 кОм. Из ряда Е96 этому значению соответствует 3,92 кОм.

При меньших токах диапазон выходного напряжения будет уменьшаться, но середина диапазона выходного напряжения всегда должна соответствовать середине диапазона температур:

$$\begin{cases} 2,5 = U \left(1 + \frac{R_8}{R_7} + \frac{R_8}{R_9} + \frac{R_8}{R_{10}} \right) - U_{\text{ПП1}} \left(1 + \frac{R_6}{R_5} \right) \frac{R_8}{R_7} - U_{\text{см1}} \frac{R_8}{R_9} - U_{\text{доп}} \frac{R_8}{R_{10}} \\ 2,5 = U \left(1 + \frac{R_8}{R_7} + \frac{R_8}{R_9} + \frac{R_8}{R_{10}} \right) - U_{\text{ПП50}} \left(1 + \frac{R_6}{R_5} \right) \frac{R_8}{R_7} - U_{\text{см50}} \frac{R_8}{R_9} - U_{\text{доп}} \frac{R_8}{R_{10}} \end{cases}, \quad (19)$$

где $U_{\text{см1}}$ – напряжение смещения при измерительном токе 1 мА; $U_{\text{см50}}$ – напряжение смещения при измерительном токе 50 мА; $U_{\text{ПП1}}$ – напряжение на выходе ПП при 5 °С и измерительном токе 1 мА; $U_{\text{ПП50}}$ – напряжение на выходе ПП при 5 °С и измерительном токе 50 мА:

$$U_{\text{ПП1}} = 3,505 - 0,001 \cdot 51,065 = 3,454, \quad (20)$$

$$U_{\text{ПП50}} = 3,505 - 0,05 \cdot 51,065 = 0,952. \quad (21)$$

Чтобы иметь возможность регулировать напряжение смещения, $U_{\text{см1}}$ принято равным 0,05 В, а $U_{\text{см50}} = 2,45$ В.

Подставив $U_{\text{см1}}$, $U_{\text{см50}}$, $U_{\text{ПП1}}$, $U_{\text{ПП50}}$, (7), (15) и (18) в (19) и решив систему уравнений, можно вычислить значения R_9 и R_{10} :

$$\begin{cases} R_9 = 2,626 \text{ кОм}, \\ R_{10} = 991,7 \text{ Ом}, \end{cases} \quad (22)$$

которым соответствуют значения из ряда Е96:

$$\begin{cases} R_9 = 2,61 \text{ кОм}, \\ R_{10} = 1 \text{ кОм}. \end{cases} \quad (23)$$

При расчетах не удалось выполнить условие

$$\frac{R_8}{R_9} \leq 0,5, \quad (24)$$

поэтому выбор ЦАП придется изменить.

Таким образом, получается:

$$\left\{ \begin{array}{l} R_0 = 1 \text{ Ом} , \\ R_1 = 13,7 \text{ кОм} , \\ R_2 = 280 \text{ Ом} , \\ R_3 = 4,02 \text{ кОм} , \\ R_4 = 10 \text{ кОм} , \\ R_5 = 10 \text{ кОм} , \\ R_6 = 4,32 \text{ кОм} , \\ R_7 = 3,92 \text{ кОм} , \\ R_8 = 14,3 \text{ кОм} , \\ R_9 = 2,61 \text{ кОм} , \\ R_{10} = 1 \text{ кОм} , \\ R_{11} = 10 \text{ кОм} , \\ R_{12} = 8,06 \text{ кОм} . \end{array} \right. \quad (25)$$

Погрешности элементов схемы являются систематическими и могут быть скомпенсированы на этапе градуировки канала, для чего требуется определить методику идентификации на основе математических моделей.

Математическая модель и методика идентификации

Измерительный канал предназначен для работы с изменяемым током ТПС, значение которого определяется по формуле

$$I_0 = \frac{U_{\text{цан1}} R_2}{R_0 (R_1 + R_2)} , \quad (26)$$

где

$$U_{\text{цан1}} = MU_{\text{вх}} \frac{U_{\text{оп}}}{2^N} + U_{\text{см1}} , \quad (27)$$

где $MU_{\text{вх}}$ – десятичный эквивалент входного кода ЦАП; N – разрядность ЦАП; $U_{\text{см1}}$ – напряжение смещения нуля ЦАП.

На точность схемы оказывают влияние напряжения смещения нуля всех активных элементов ЦАП и АЦП, которые моделируются источниками $U_{см1}...U_{см4}$, и разброс значений сопротивлений резисторов в пределах допуска. Схема рассчитана на работу с ТПС с номинальным сопротивлением 50 Ом.

Рассмотрим методику идентификации параметров канала на основе его математической модели.

Напряжение на выходе ПП записывается в виде

$$U_{ПП} = U_{оп} \left(1 + \frac{R_3}{R_4} \right) - I_0 R_t, \quad (28)$$

где $U_{оп}$ – опорное напряжение; $U_{см1}$ – напряжение смещения нуля ОУ1.

Напряжение компенсации можно представить как

$$U_{к} = U_{ПП} \left(1 + \frac{R_6}{R_5} \right) + U_{см2}, \quad (29)$$

где $U_{см2}$ – напряжение смещения нуля ОУ3.

Выходное напряжение ЦАП записывается в виде

$$U_{цап2} = N U_{вх} \frac{U_{оп}}{2^N} + U_{см1}, \quad (30)$$

где $N U_{вх}$ – десятичный эквивалент входного кода ЦАП; N – разрядность ЦАП; $U_{см1}$ – напряжение смещения нуля ЦАП.

Выходное напряжение НУ рассчитывается по формуле

$$U_{ну} = U_{оп} \left(1 + \frac{R_3}{R_4} \right) \left(1 + \frac{R_8}{R_7} + \frac{R_8}{R_9} + \frac{R_8}{R_{10}} \right) - \\ - U_{к} \frac{R_8}{R_7} - U_{цап2} \frac{R_8}{R_9} - U_{оп} \left(1 + \frac{R_{12}}{R_{11}} \right) \frac{R_8}{R_{10}} - U_{см4} \frac{R_8}{R_{10}}, \quad (31)$$

где $U_{см4}$ – напряжение смещения нуля ОУ5.

Выходной код АЦП записывается в виде

$$NU_{\text{вых}} = \left[\frac{U_{\text{пп}} + U_{\text{см3}} - U_{\text{оп}}}{U_{\text{оп}}} \right] \cdot 2^{M-1} + 2^{M-1}, \quad (32)$$

где $U_{\text{см3}}$ – напряжение смещения, учитывающее неидеальность ОУЗ и АЦП; M – разрядность АЦП.

Подставляя (28), (29), (30), (31) в выражение (32) и раскрывая скобки, получаем:

$$NU_{\text{вых}} = \alpha MU_{\text{вх}} R_i + \beta NU_{\text{вх}} + \gamma, \quad (33)$$

где

$$\alpha = \frac{R_2 R_8}{R_0 R_7 (R_1 + R_2)} \left(1 + \frac{R_6}{R_5} \right) \cdot 2^{M-1}, \quad (34)$$

$$\beta = -2^{M-N-1} \frac{R_8}{R_9}, \quad (35)$$

$$\gamma = \left[\frac{R_3}{R_4} \left(1 + \frac{R_8}{R_9} + \frac{R_8}{R_{10}} - \frac{R_6 R_8}{R_5 R_7} \right) + \frac{R_8}{R_9} - \frac{R_6 R_8}{R_5 R_7} - \frac{R_8 R_{12}}{R_{10} R_{11}} + \right. \\ \left. + \frac{U_{\text{см3}} - U_{\text{см1}} \frac{R_8}{R_9} - U_{\text{см2}} \frac{R_8}{R_7} - U_{\text{см4}} \frac{R_8}{R_{10}}}{U_{\text{оп}}} \right] \cdot 2^{M-1} + 2^{M-1}. \quad (36)$$

Если α , β , γ известны, то значение R_i определяется по формуле

$$R_i = \frac{NU_{\text{вых}} - \beta NU_{\text{вх}} - \gamma}{\alpha MU_{\text{вх}}}. \quad (37)$$

Выражение (33) линейно относительно α , β и γ , поэтому значения коэффициентов могут быть определены так же, как и для предыдущей схемы:

$$\alpha = \frac{\Delta NU_{\text{ВЫХ}}}{\Delta R_t} \bigg|_{NU_{\text{ВХ}} = \text{const}, MU_{\text{ВХ}} = \text{const}}, \quad (38)$$

$$\beta = \frac{\Delta NU_{\text{ВЫХ}}}{\Delta NU_{\text{ВХ}}} \bigg|_{R_t = \text{const}, MU_{\text{ВХ}} = \text{const}}, \quad (39)$$

$$\gamma = NU_{\text{ВЫХ}} - \alpha R_t - \beta NU_{\text{ВХ}}. \quad (40)$$

Выражения (38), (39), (40) могут быть использованы при градуировке измерительного канала.

Математические модели измерительных каналов и методика идентификации их параметров могут быть использованы в программном обеспечении измерительной системы для градуировки и преобразования выходного кода АЦП в сопротивление ТПС и температуру. Установлено, что измерительные каналы обладают высокой точностью измерений (для схемы с изменяемым значением измерительного тока – при максимальном токе 50 мА).

Список литературы

1. Патент № 2533755 (Россия), МПК G01K7/00 / Термопреобразователь сопротивления (варианты) и способ его изготовления / В. А. Куликов, К. А. Никитин, М. А. Рогожников. Заяв. 20.05.2013. № 2013122973 (Россия); Оpubл. 20.11.2014. Бюл. № 32.
2. Никитин К. А. Информационно-измерительная система для исследования термопреобразователей сопротивления высокого разрешения / В. А. Куликов, К. А. Никитин, В. В. Сяктерева // Электронные устройства и системы: межвузовский научный сборник. Уфа : УГАТУ, 2010. С. 56–60.
3. Коновалов, Е. А. Разработка канала измерения температуры термометра высокого разрешения / Е. А. Коновалов, В. А. Куликов, В. Г. Власов // Информационные технологии в науке, промышленности и образовании : сб. тр. науч.-техн. конф. факультета «Информатика и вычислительная техника». Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2010. С. 179–188.
4. Коновалов, Е. А. Вопросы проектирования мостовых преобразователей сопротивления для термометров высокого разрешения / Е. А. Коновалов, В. А. Куликов. Ижевск : ИжГТУ, 2006. 9 с. Деп. в ВИНТИ 28.02.2006, № 201-В2006.
5. Куликов, В. А. Разработка измерительного канала термометра высокого разрешения / В. А. Куликов, Е. А., Коновалов В. Г. Власов // Интеллектуальные системы в производстве. 2010. № 1(15). С. 236–243.
6. Никитин, К. А. Канал измерения температуры высокого разрешения / В. А. Куликов, К. А. Никитин // Вестник ИжГТУ. 2013. № 1(57). С. 100–103.

7. AD8628/AD8629/AD8630 (Rev. K) – AD8628_8629_8630.pdf [Электронный ресурс] / Analog Devices. Электрон. дан. URL: http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD8628_8629_8630.pdf, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: 01.06.2016).

8. ADR420/ADR421/ADR425 (Rev. J) – ADR420_421_423_425.pdf [Электронный ресурс] / Analog Devices Электрон. дан. URL: http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADR420_421_423_425.pdf, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 01.06.2016)

9. AD5024/AD5044/AD5064 (Rev. F) – AD5024_AD5044_AD5064.pdf [Электронный ресурс] / Analog Devices. Электрон. дан. URL: http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD5024_AD5044_AD5064.pdf, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: 01.06.2016).

10. AD7738 8-Channel, High Throughput, 24-Bit Sigma-Delta ADC Data Sheet (Rev.0) – AD7738.pdf [Электронный ресурс] / Analog Devices. Электрон. дан. URL: http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD7738.pdf, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: 01.06.2016).

И. М. Перовошиков, магистрант
Кафедра «Вычислительная техника»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова
С. Ф. Егоров, кандидат технических наук, доцент
Институт механики УдмФИЦ УрО РАН, Ижевск

Структура оптической сетевой информационно-измерительной системы

Разработана структура оптической сетевой информационно-измерительной системы для контроля за быстропротекающими процессами баллистики. Приведены выбор оптической системы и оценка быстродействия фоточувствительного сенсора.

Ключевые слова: оптическая линза, фоточувствительная линейка, точка попадания, измерительная система, быстродействие.

I. M. Perevozshikov, Master's Degree Student
Department of Computer Engineering
Kalashnikov ISTU
S. F. Egorov, PhD in Engineering, Associate Professor
Institute of Mechanics Ural Branch of the RAS, Izhevsk

Structure optical network information measuring system.

The structure of optical network information and measuring system is developed for control of the fast-proceeding processes of ballistics. The choice of optical system and assessment of speed of a photosensitive sensor are given.

Keywords: optical lens, photosensitive ruler, hit point, measuring system, speed.

Оптическая сетевая информационно-измерительная система (ОСИИС) предназначена для непосредственного определения координат быстро перемещающихся объектов, пересекающих ее оптическую плоскость, и основана на цифровых технологиях. Существующие аналоговые ИИС [1–4] используют косвенные методы измерения и одноточечные аналоговые датчики, измеряющие координаты по временным отсечкам и требуют не менее 4 оптических плоскостей. Эти системы отличаются низкой стоимостью и высоким быстродействием, но не очень высокой точностью из-за наложения влияния множества косвенных факторов [3, 4]. В разрабатываемой системе непосредственных оптических измерений количество факторов влияющих на погрешность уменьшено.

Опыт использования видеокамер в ИИС показал [5–8], что быстродействия общедоступных цифровых камер (а это пока не более 60 Гц при 1920×1080 точек) не хватает для полноценного решения, например, вопросов контроля внешней баллистики.

Таким образом, разработка ОСИИС для координатного контроля быстродействующих механических процессов на базе цифровой фоточувствительной линейки является актуальной задачей и может найти применение в широких областях деятельности.

Структурная схема ОСИИС приведена на рис. 1.

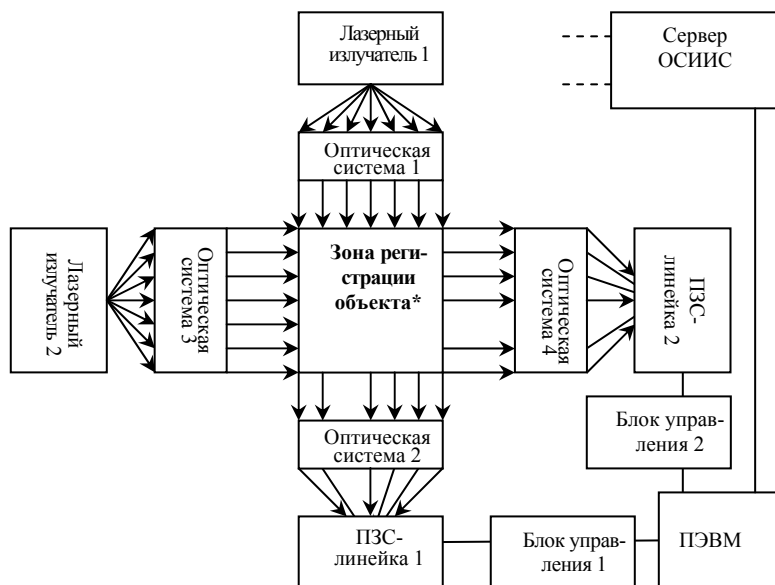


Рис. 1. Структурная схема ОСИИС

Лазерный излучатель, в качестве которого используется, например, лазерный уровень, формирует непрерывную лазерную плоскость в виде исходящего из точки треугольника лучей лазерного излучения (примерно 90°), первая оптическая система (выпуклая линза диаметром не менее 25 см или линза Френеля) преобразует исходящий из точки пучок в параллельный поток лучей. Объект контроля пересекает параллельный поток лучей и частично экранирует его (это отражено на схеме прерыванием луча от *). Вторая оптическая система (идентичная первой) фокусирует принятый пучок лучей на линейчатом фоточувствительном элементе (например, ПЗС-

линейке), который непосредственно и фиксирует координаты затемнения и через блок управления передает их в ПЭВМ. Измерительные рабочие места объединены в сеть и связаны с сервером ОСИИС, где накапливается информация для дальнейшего анализа и формирования протоколов информационно-измерительных испытаний.

Для измерения двух координат, что требуется в электронных мишенях, вторая лазерная сканирующая система под углом 90° устанавливается на небольшом удалении от первой. Такой подход позволяет измерять и скорость быстро пролетающего объекта, используя разность времен пересечения двух лазерных плоскостей.

Обзор лазерных уровней показан в табл. 1. Пластиковые оптические линзы Френеля общедоступны до диаметра 400 мм [9].

Таблица 1. Общедоступные лазерные нивелиры (уровни)

Название	Длина волны, нм	Кол-во линий	Размеры, мм	Точность, мм/5 м	Цена, руб.
ZKLL05RC	635	5	220×160×250	+/-1,5	2560
A8826D	635	2	98×92×128	+/-2,5	1385
LV04	635	2	30×12×240	+/-1	752
Xueliee	650	2	12×35	–	102
TL00243	650-680	2	185×62×28	+/-0,1	399
ACRDDK	650-680	2	185×62×28	+/-0,1	447
TXL-05	650	1	6×10	–	170

Оценка быстродействия требуемой ПЗС-линейки для ОСИИС M исходит из максимальных требований к ИИС (контроль баллистики огнестрельного оружия), минимальных требований (контроль движения затворной рамы) и базовых требований (контроль баллистики пневматического оружия) и базируется на формуле

$$M = K * V / L, \quad (1)$$

где V – скорость объекта в зоне регистрации; L – размер объекта поперек плоскости регистрации; K – коэффициент перекрытия фиксации объекта в соседних циклах сканирования (1..2): чем больше K , тем выше надежность фиксации координат объекта системой, но и тем выше требования к быстродействию ПЗС-линейки.

Анализ табл. 2 показал, что максимальное значение частоты сканирования строк ПЗС-линейки не превышает 50КГц, а максимальные и базовые требования к ИИС, благодаря специфичности объектов контроля, практи-

чески совпадают на популярных комбинациях скорость – длина. Для ПЗС-линейки с 256 элементами (а это минимальные требования точности, когда инструментальная погрешность не превышает $\pm 0,5$ мм при рабочей зоне регистрации 25 см) тактовая частота работы при максимальных требованиях должна составлять не менее 13МГц и будет возрастать вдвое при каждом удвоении количества светочувствительных элементов (для повышения точности фиксации координат или увеличении зоны регистрации): 512 – 26 МГц, 1024 – 52МГц и т. д. Такие ПЗС-линейки отличаются высокой стоимостью.

Таблица 2. Оценка быстродействия требуемых ПЗС-линеек при $K = 1$

Требования	Скорость объекта V , м/с	Длина объекта L , мм	Быстродействие ПЗС M , стр/сек
Максимальные	700...900	20...32	22000...45000
Базовые	50...150	4,5...28	1800...33500
Минимальные	1...10	5...50	20...2000

Дальнейшая разработка ОСИИС будет ориентирована на базовые требования, т. е. измерительный контроль баллистики пневматического оружия (со скоростью до 150 м/сек) с использованием дротиков (длина 28 мм). И если остановиться на погрешности измерения координат $\pm 0,25$ мм при рабочей зоне регистрации 25×25 см, то можно ограничиться ПЗС-линейкой 512×5МГц, что относится к общедоступному сегменту (табл. 3).

Таблица 3. ПЗС-линейки

Наименование	Шаг ячеек, dpi	Разрешение, pixel	Размер чипа, мм	Частота тактового импульса, МГц	Быстродействие, стр/сек
IC-LF OBGA LF3C	400	128×1	8×1,6	5	39000
IC-LF1402	400	256×1	16,6×1,7	5	19500
S9227-04	2000	512×1	6,8×1	5	9750
S11105	2000	512×1	6,8×1	45	87800
S10077	2000	1024×1	14,1×1,7	1	975
S11637-1024Q	2000	1024×1	12,8×1,4	10	9750
ILX511B	2000	2048×1	28×1,5	2	975
ILX553B	600	5150×1	36×1,5	16	3100
Canon mp250	600	128×1	5,1×1,1	1	7800

Для первоначального макетирования и проверки работоспособности концепта ИИС выбрана ПЗС-линейка из струйного МФУ Canon mp250,

который и используется в качестве блока управления и связи с ПЭВМ. Доработка МФУ состояла из отключения механизма движения сканирующей каретки и фиксации ее в рабочей зоне. В качестве освещения использовалась светодиодная лента. МФУ ориентирован для вертикального (бокового) сканирования рабочей зоны (рис. 2, *а*), через которую по наклонной плоскости катится шарик (примерно со скоростью 70 см/сек).

В результате эксперимента получается графический файл, состоящий из столбцов сканирования однострочной зоны регистрации (рис. 2, *б*) по которому можно определить вертикальную координату.

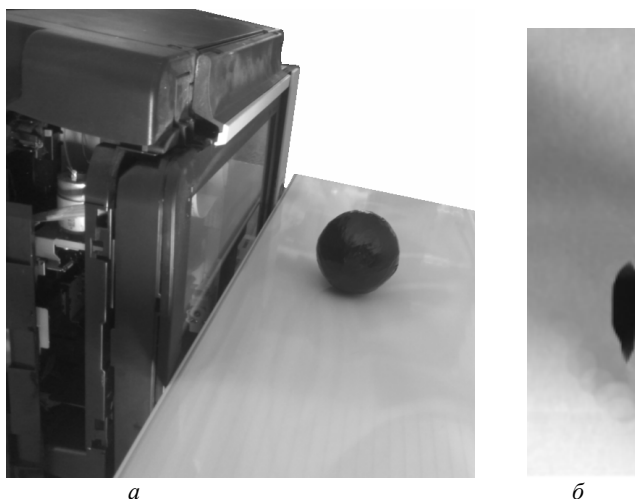


Рис. 2. Макет ОСИИС: *а* – внешний вид; *б* – результаты эксперимента

Исходя из результатов исследования структуры ОСИИС можно сделать вывод о возможности ее использования как электронной мишени для пневматического оружия, ориентируясь только на общедоступные комплектующие. Для расширения функциональных возможностей базовой ИИС необходимо повышать быстродействие регистрирующей системы в 10-30 раз.

Список литературы

1. Егоров, С. Ф. Информационно-измерительные системы оборонного назначения : стрелковые тренажеры и электронные мишени / С. Ф. Егоров, В. В. Коробей-

ников, В. С. Казаков // *Механика и физико-химия гетерогенных сред, наносистем и новых материалов : материалы науч. иссл.* Ижевск, 2015. С. 328–349.

2. *Егоров, С. Ф.* Исследование лазерных экранов электронных оптических мишеней / С. Ф. Егоров, А. Ю. Вдовин, Е. М. Марков, Т. Е. Шелковникова // *Интеллектуальные системы в производстве*. 2017. Т. 15, № 4. С. 21–28.

3. *Егоров, С. Ф.* Эволюция электронных акустических мишеней: информационно-измерительные системы для стрелкового оружия / С. Ф. Егоров, В. С. Казаков, В. А. Афанасьев, И. Г. Корнилов, И. В. Коробейникова // *Интеллектуальные системы в производстве*. 2016. № 4(31). С. 104–110.

4. *Егоров, С. Ф.* Эволюция электронных акустических мишеней: исследование сверхзвуковых математических моделей / С. Ф. Егоров, В. С. Казаков, В. А. Афанасьев, И. Г. Корнилов, И. В. Коробейникова // *Интеллектуальные системы в производстве*. 2017. Т. 15, № 4. С. 86–93.

5. *Егоров, С. Ф.* Система анализа изображений поверхности металлических роликов // *Интеллектуальные системы в производстве*. 2012. № 2(20). С. 96–98.

6. *Егоров, С. Ф.* Разработка методики испытания и исследование критериев отбора видеокамер для их использования в стрелковых тренажерах / С. Ф. Егоров, В. С. Казаков, В. В. Коробейников, И. Г. Корнилов // *Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова*. 2014. № 3(63). С. 118–122.

7. *Гафаров, Р. М.* Система технического зрения для контроля внешнего вида неметаллических трубчатых изделий / Р. М. Гафаров, В. А. Куликов, А. В. Коробейников, К. А. Шляхтин // *Интеллектуальные системы в производстве*. 2016. № 2(29). С. 32–35.

8. *Егоров, С. Ф.* Исследование оптико-электронных регистраторов точки прицеливания стрелковых тренажеров / С. Ф. Егоров, Ю. К. Шелковников, Н. И. Осипов, С. Р. Кизнерцев, А. А. Метелева // *Проблемы механики и материаловедения : Труды Института механики УрО РАН*. Ижевск, 2017. С. 227–248.

9. Интернет-магазин AliExpress. URL: https://ru.aliexpress.com/item/1pcs-400x300mm-Optical-PMMA-Plastic-Projector-Solar-Fresnel-Lens-Focal-Length-600mm-Projector-Plane-Magnifier-Solar/32812290043.html?spm=a2g0v.10010108.1000014.7.63c034f2g1HTKO&traffic_analysisId=recommend_3035_null_null_null&scm=1007.13338.80878.0000000000000000&pvid=28ad6229-2bc0-4444-9b67-9c6a8a21e6c0&tp=1 (дата обращения: 13.04.2018).

Н. С. Шатеркин, студент
В. А. Васильев, кандидат технических наук, доцент
Кафедра «Строительные и дорожные машины»
К. Ю. Петухов, кандидат технических наук, доцент
Кафедра «Вычислительная техника»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Автоматизация измерений прочностных характеристик деталей машин

Приводится описание системы и методики автоматизации измерений прочностных характеристик деталей машин применительно к конструкции учебно-лабораторного стенда.

Ключевые слова: учебно-лабораторный стенд, детали машин, прочность, крутильная и изгибная жесткость, датчик усилия, измерительный мост, аналогово-цифровой преобразователь, автоматизация измерений, разработка программы, Qt,

N. S. Shaterkin, Student
K. J. Petuchov, PhD in Engineering, Associate Professor
Department of Computer Engineering
V. A. Vasiliev, PhD in Engineering, Associate Professor
Department of Construction and Road Machines
Kalashnikov ISTU

Automation of measurements of strength characteristics of machine parts

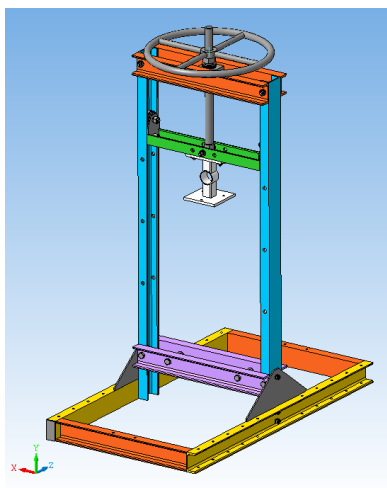
Here is given a description of the system and method of automation for machine parts durability characteristics measurement as applied to construction of the laboratory training stand.

Keywords: educational laboratory stand, machine parts, strength, torsional and bending stiffness, force sensor, measuring bridge, analog-digital converter, measurement automation, program development, Qt,

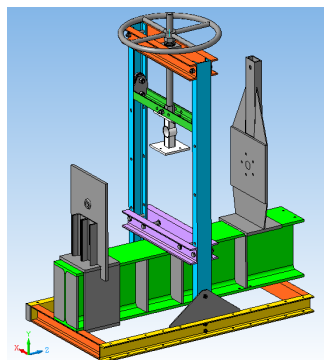
С целью приобретения компетенций студентами бакалавриата профиля «Механизация и автоматизация строительства» в области определения прочностных характеристик типовых деталей машин, силами самих студентов был спроектирован и изготовлен учебно-лабораторный нагрузочный стенд (рис. 1), характеристики которого представлены в таблице.

Стенд позволяет производить исследования деталей на растяжение, сжатие, кручение и изгиб. Такая универсальность обеспечена оснащением стенда сменной оснасткой и вспомогательными приспособлениями [1].

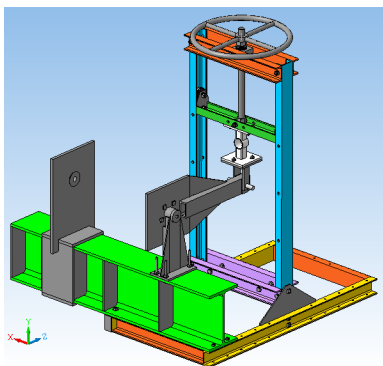
Для удобства проведения исследований, стенд необходимо оснастить современной измерительной системой.



a



б



в

Рис. 1. Нагрузочный стенд для измерения прочностных характеристик деталей машин: *a* – общий вид стенда; *б* – испытание на кручение; *в* – испытание на изгиб

Техническая характеристика нагрузочного стенда

Наибольшая предельная нагрузка при испытании на растяжение, кН	20
Рабочий ход активного захвата при испытании на растяжение, мм	290
Ширина рабочего пространства, мм	520
Наибольшая предельная нагрузка при испытании на кручение, Н*м	10000
Рабочий ход активного захвата при испытании на кручение, мм	50
Длина детали при испытании на кручение, min-max, мм	390-710
Габаритные размеры, мм	1200×680×1600
Масса, не более, кг	250

Выбор и подключение датчиков

Для работы системы измерения стенда необходимы два датчика – для измерения силы и перемещения (рис. 2).

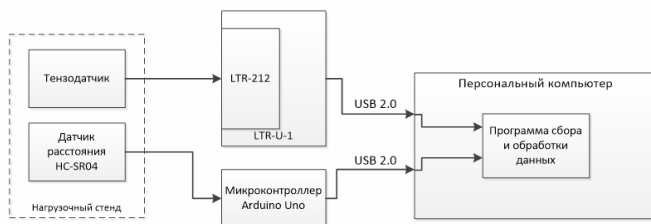


Рис 2. Структурная схема подключения датчиков

Измерение силы было решено проводить с помощью тензорезистора, подключенного по мостовой схеме. При этом возникает необходимость в АЦП для преобразования аналогового сигнала в дискретный, а также в источнике опорного напряжения. Для этих целей решено было использовать специализированный модуль АЦП LTR212 компании L-Card, предназначенный для тензоизмерений [2, 3]. Разрядность данного АЦП 24 бита, что более чем достаточно для наших целей. Кроме того, модуль может выступать в качестве источника питания для мостовой схемы. Для его работы необходим интерфейсный модуль – крейт, который обеспечивает подключение АЦП к компьютеру. Мы использовали одноместный крейт LTR-U-1. С помощью него АЦП будет подключаться к компьютеру с помощью USB.

Для измерения перемещения было решено использовать цифровой ультразвуковой датчик HC-SR04 [4]. Его достоинством является легкость

в использовании, доступность и распространённость. Недостатки – разрешение порядка 3 миллиметров и низкая точность. Поэтому для компенсации ошибок будем проводить серию измерений, затем масштабировать значения и проводить фильтрацию. Тем не менее в будущем планируется замена его более точным датчиком. Подключать датчик к компьютеру будем через микроконтроллер Arduino Uno через интерфейс USB.

Выбор средства разработки

Разрабатывать программу было решено на языке высокого уровня C++ с использованием фреймворка Qt [5]. Данный фреймворк является мощным кроссплатформенным средством программирования, он содержит большое количество компонентов для быстрого создания графического интерфейса, различные классы объектов для работы с ресурсами компьютера и операционной системой. Главное его достоинство – свободное распространение по лицензии свободного ПО GNU LGPL. Для работы с Qt существует современная среда разработки Qt Creator, также свободно распространяемая. Вся разработка программы проводилась в этой среде. Также стоит отметить отличную документацию, встроенную в среду справку обо всех классах и функциях библиотеки со множеством примеров использования различных компонентов.

Работа с датчиками

Для работы с АЦП LTR212, фирма-производитель L-Card свободно распространяет библиотеки, написанные на языке C. Данные библиотеки позволяют произвести инициализацию интерфейсного канала связи с модулем, произвести калибровку и настройку режима сбора данных, получить данные от АЦП и преобразовать их в значения напряжения или коды АЦП.

Для простоты дальнейшей работы с АЦП, был написан оберточный класс `myLTRClass` для работы с функциями данной библиотеки. Он будет содержать структуру данных для описания модуля АЦП и следующие методы:

- метод `Open()` – предназначен для инициализации канала связи с модулем и настроек сбора данных;
- методы `Start()` и `Stop()` – осуществляют запуск и приостановку сбора данных АЦП соответственно;
- метод `GetData()` – предназначен для получения данных от АЦП и их обработки;
- метод `GetError()` – обрабатывает, которые могут возникнуть при работе вышеперечисленных методов.

Работа с микроконтроллером Arduino, через который осуществляется общение с датчиком перемещения, осуществляется как с серийным портом.

Используем для этого класс Qt `QSerialPort`, который осуществляет доступ к серийным портам компьютера. Создадим свой класс под названием `myDistSensor`, в который будет инкапсулирован `QSerialPort`. Содержать он будет методы, аналогичные тем, которые созданы в классе для работы с АЦП.

В самом микроконтроллере Arduino будет содержаться код, который по команде от компьютера опрашивает датчик и отправляет полученные данные на компьютер. Программирование микроконтроллера осуществляется через Arduino IDE.

Разработка основной программы

Основное окно программы создано на основе класса `QMainWindow` (рис. 3).

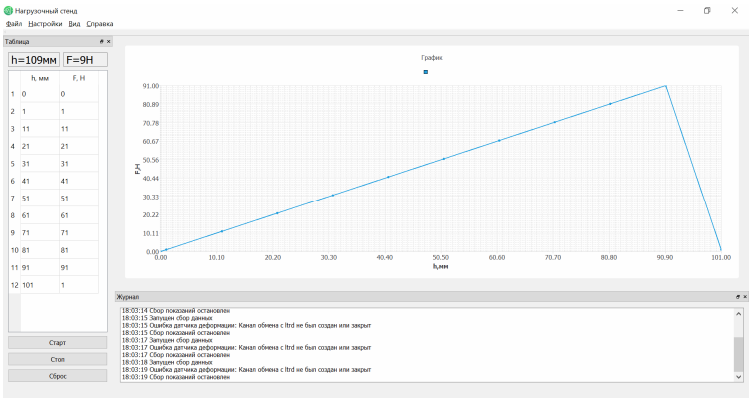


Рис. 3. Основное окно программы

Оно разделено на несколько частей: одно для основного графического компонент – центрального виджета – и четырех дополнительных боковых областей, называемых `QDockWidget`, а также включает в себя меню и информационную строку. В качестве центрального виджета будет выступать график зависимости силы от величины перемещения. Также используем два боковых виджета для таблицы значений и журнала, в котором будут отмечаться происходящие события и ошибки.

Для каждого из трех виджетов были созданы отдельные классы, инкапсулирующие графические компоненты Qt. Объекты этих классов были созданы в классе основного окна, наследующего `QMainWindow`, и размещены в соответствующих областях.

График был реализован с помощью компонентов QChart и QChartView. По оси X отображается перемещение в миллиметрах, по оси Y – сила в ньютонах. Есть возможность масштабирования графика по нажатию на сочетания клавиш и манипулятором, выделяя определенную область.

В левой области находятся две текстовые метки, отображающие текущее значения силы и перемещения, таблица значений и три кнопки, которые управляют сбором данных. В нижней области находится журнал, в который выводится информация о процессе сбора данных и возникающих ошибках.

Для изменения настроек графика и сбора данных используются два диалоговых окна, вызываемых через меню.

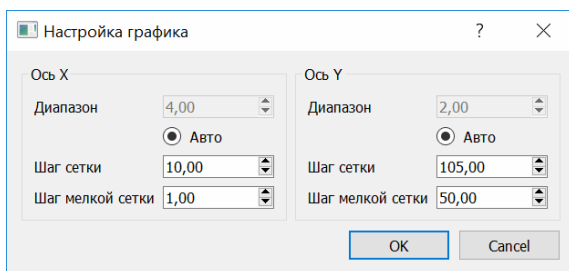


Рис. 4. Окно настроек графика

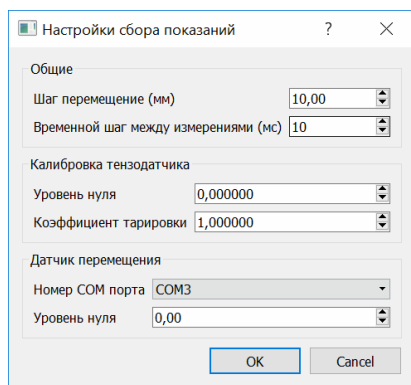


Рис. 5. Окно настроек сбора показаний

Есть возможность задать шаг сетки графика, диапазон, изменить калибровочные коэффициенты и другое. Настройки сохраняются с помощью платформеннезависимого класса Qt QSettings. В случае Windows сохранение настроек происходит в реестр.

Кроме того, реализован вывод полученных данных в файл Excel для сохранения и более удобной обработки. Для этого используется технология ActiveX, позволяющая обращаться к функциям другой программы, являющейся ActiveX-сервером. В Qt для работы с ней есть класс QAxObject.

Процесс сбора данных начинается по нажатию на кнопку «Старт». В этот момент запускается таймер, который с определенной частотой вызывает функцию, осуществляющую опрос датчиков и вывод полученной информации. Две текстовые метки отображают постоянные изменения получаемых значений, в то время как в таблицу и на график вывод осуществляется после того, как перемещение изменится на определенное значение. Частоту опроса датчиков, шаг перемещения можно изменить в настройках. По нажатию на кнопку «Стоп» сбор данных приостанавливается. Кнопка «Сброс» предназначена для очистки графика и таблицы.

Предполагается, что перевод напряжения, получаемого с тензодатчика, в значения силы будет переводиться с помощью тарировочных коэффициентов, которые должны определяться экспериментально. Настройка уровня нуля служит для определения начала отсчета показаний.

Вывод

Автоматизирован процесс измерения прочностных характеристик деталей машин путем применения аппаратных и программных средств с увеличением точности измерения и сокращением времени измерения, устранением субъективных ошибок.

Список литературы

1. *Потемкин, А. А.* Энергосбережение в приводе грузоподъемной машины / А. А. Потемкин, В. Г. Егоров, В. А. Васильев // Строительная наука и производство глазами молодых : материалы науч.-техн. конф. молодых ученых инженерно-строительного факультета (21-22 февраля 2012 г., Россия, Ижевск). Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2012. 332 с.
2. Начиная работать с крейтовой системой LTR. Вопросы по программному обеспечению. URL: <http://www.lcard.ru/download/ltr212api.pdf> (дата обращения: 20.03.2018).
3. LTR-212. Модуль для тензометрических измерений. Руководство программиста. URL: http://www.lcard.ru/download/ltr_soft_getting_started.pdf (дата обращения: 20.03.2018).
4. Ultrasonic Ranging Module HC-SR04. URL: <http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf> (дата обращения: 20.03.2018).
5. *Жасмин Бланиет.* Qt 4. Программирование GUI на C++ / Жасмин Бланиет, Марк Саммерфилд. СПб. : КУДИЦ-Пресс, 2008. 718 с.

Т. Е. Шелковникова, магистрант
Кафедра «Вычислительная техника»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова
С. Ф. Егоров, кандидат технических наук, доцент
А. И. Кириллов
Институт механики УдмФИЦ УрО РАН, Ижевск

Анализ методов фильтрации СТМ-изображений

Выполнен анализ методов обработки изображений, полученных с применением сканирующего туннельного микроскопа с учетом характера его аппаратных помех и искажений.

Ключевые слова: цифровые фильтры, фурье-фильтрация, вейвлет-преобразование, методы кристаллографической обработки, медианный фильтр, центроидная фильтрация.

T. E. Shielkovnikova, Master's Degree Student
Department of Computer Engineering
Kalashnikov ISTU
S. F. Egorov, PhD in Engineering, Associate Professor
A. I. Kirillov
Institute of Mechanics Ural Branch of the RAS, Izhevsk

The analysis of methods of processing of the images received on STM

It is carried out analyses of methods of processing of images from the scanning tunnel microscope proceeding from character of hindrances and distortions.

Keywords: digital filters, Fourier filtering, wavelet-transform, crystallographic processing methods, median filter, centroid filtration.

Введение

Развитие сканирующей туннельной микроскопии неразрывно связано с современными достижениями в области создания и исследования наноматериалов. Часто необходимым в таком исследовании является контроль дисперсности наночастиц, определяемый высокой значимостью комплексной измерительной информации о геометрических параметрах наночастиц (с размерами 1...100 нм) для создания новых материалов с прогнозируемыми сочетаниями механических и физико-химических свойств [1]. Метод сканирующей туннельной микроскопии является одним из наиболее мощных и универсальных средств изучения топологии и ло-

кальных свойств поверхностей твердых тел с нанометровым пространственным разрешением [2]. Фильтрация изображений, полученных с применением сканирующего туннельного микроскопа (СТМ), является важной задачей, так как наряду с полезной информацией изображения содержат и побочную, искажающую данные о морфологии и свойствах исследуемой поверхности [3, 4].

Цифровая фильтрация в СТМ

Несмотря на существенные достижения в области создания алгоритмов и программ для обработки СТМ-изображений, разработка новых эффективных подходов к их обработке по-прежнему остается актуальной задачей. В частности, особый интерес представляет разработка методов фильтрации изображений. На рис. 1 приведена классификация цифровых фильтров, которые в результате проведенного обзора были условно разделены на фильтры частотной селекции [4–11] и пространственные [12–16].

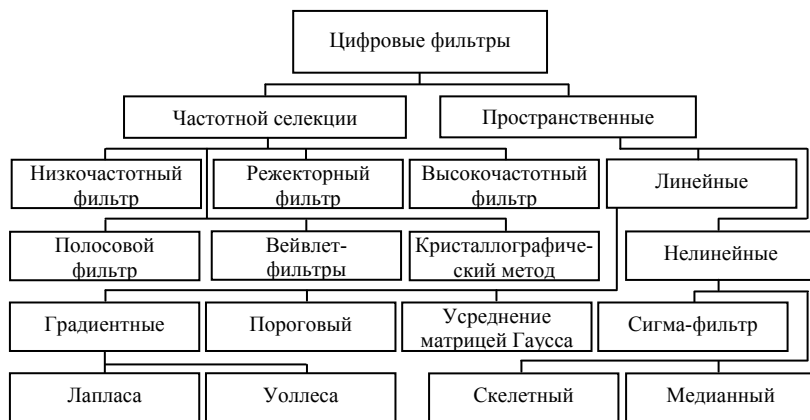


Рис. 1. Классификация цифровых фильтров, используемых для фильтрации СТМ-изображений

Искажения и артефакты на СТМ-изображениях

Возникающие искажения на СТМ-изображениях связаны с вибрацией измерительного зонда относительно исследуемого образца, акустическими помехами, шумами электрической аппаратуры. Искажения изображений в значительной мере определяются тепловым дрейфом зонда относительно образца, а также нелинейностью характеристик и крипом пьезокерамических элементов сканера. Поэтому для формирования СТМ-изображений высокого качества и последующего проведения их анализа требуется спе-

циальная цифровая обработка этих изображений. На рис. 2 представлена классификация возможных искажений и артефактов на СТМ-изображениях [1–5].



Рис. 2. Искажения и артефакты на СТМ-изображениях

Фильтры частотной селекции

Традиционная фильтрация в частотной области требует выполнения следующей последовательности преобразований:

- двумерное дискретное преобразование изображения из пространственной области в частотную;
- преобразование дискретного спектра сигнала изображения;
- обратное двумерное дискретное преобразование, позволяющее восстановить полезный сигнал изображения в пространственной области.

В работе [6] на примере сканирования периодической структуры с известными параметрами показаны результаты формирования искажений в получаемых АСМ-изображениях (рис. 3). Приведен способ устранения этих искажений путем применения фурье-фильтра низких частот. Методом атомно-силовой микроскопии проведено сканирование периодической решетки с известными параметрами. Размер сканируемой области составлял 3×3 мкм.

На рис. 3, *а* показано АСМ-изображение исследуемой поверхности после вычитания поверхности второго порядка и после дальнейшей обработки фурье-фильтром низких частот с квадратным окном (рис. 3, *б*). В результате данной фильтрации удалось избавиться от линейных искажений изображения.

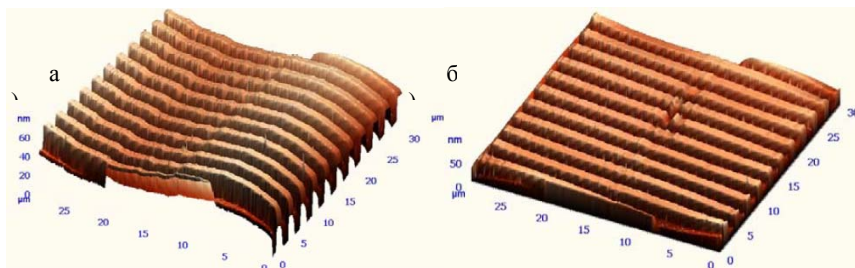


Рис. 3. АСМ-изображение тестовой структуры: *а* – исходное 3D-изображение (после вычитания наклонной плоскости);
б – 3D-изображение после обработки

В работах [7–9] делается вывод о высокой эффективности вейвлет-фильтрации при обработке сигналов в сканирующем зондовом микроскопе (СЗМ), что объясняется основными свойствами самих базовых вейвлетов, а именно их ограниченностью и автономностью.

Вейвлет-преобразование произвольного сигнала $u(t)$ заключается в его разложении по солитоноподобным функциям (базовым вейвлетам) $\psi(t)$, что обеспечивает двумерную развертку соответствующего спектра по координате и частоте. В [8] приведены наиболее часто используемые на практике вейвлеты.

Для покрытия всего сигнала короткими вейвлетами используются процедуры сдвига и масштабного преобразования. В итоге сигнал представляется совокупностью параметрических «вейвлетных волн», зависящих от частоты (масштаба) и координаты (сдвига). Математически операция записывается в виде интеграла

$$u(t) = \frac{1}{a_0 C_\psi} \int_{-\infty}^{\infty} db \int_{-\infty}^{\infty} W\left(\frac{a}{a_0}, \frac{b-b_0}{a_0}\right) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \frac{da}{a^2}; \quad (1)$$

$$W(a, b) = \frac{1}{a} \int_{-\infty}^{\infty} u(t) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt; \quad C_\psi = \int_{-\infty}^{\infty} |\hat{\psi}(\omega)|^2 \frac{d\omega}{|\omega|},$$

где $W(a, b)$ – функция, определяющая вейвлет-спектр; переменные a и b задают расширение и сдвиг для покрытия сигнала вейвлетом; a_0 и b_0 – управляющие параметры, позволяющие увеличивать, уменьшать и перемещать изображения; C_ψ – нормализующий коэффициент; $\hat{\psi}(\omega)$ – фурье-образ базового вейвлета.

Как и в случае преобразования Фурье, для вейвлет-преобразования справедлива теорема Парсерваля, поэтому энергия сигнала будет пропорциональна квадрату соответствующего коэффициента разложения: $E \approx W^2(a, b)$ [5]. Таким образом, возникает возможность редактирования вейвлет-спектра, которое для СТМ-изображений осуществляется следующим образом:

$$W^*(a, b) = W(a, b) \Phi(\pm |W(a, b)| \mp \Delta), \quad (2)$$

где Δ – уровень выделения спектра; $\Phi(x)$ – функция Хевисайда. Знаки в аргументе функции Хевисайда выбираются в зависимости от необходимости выделения нужных деталей в изображении: верхний знак ставится для выделения крупномасштабных деталей, а нижний – для выделения мелкомасштабных. После замены $W(a, b)$ на $W^*(a, b)$ согласно (1) формируется отфильтрованный сигнал. Нелокальная амплитудно-частотная характеристика сигнала образуется путем интегрирования (2) по переменной b [7–9].

В целом формулы (1) и (2) представляют основу математической модели вейвлет-обработки сигналов в СЗМ. В [8] рассматривается реализация данной модели на примере обработки СТМ-изображения поверхности высокоориентированного пиролитического графита, полученного с применением микроскопа фирмы NT-MDT (рис. 4).

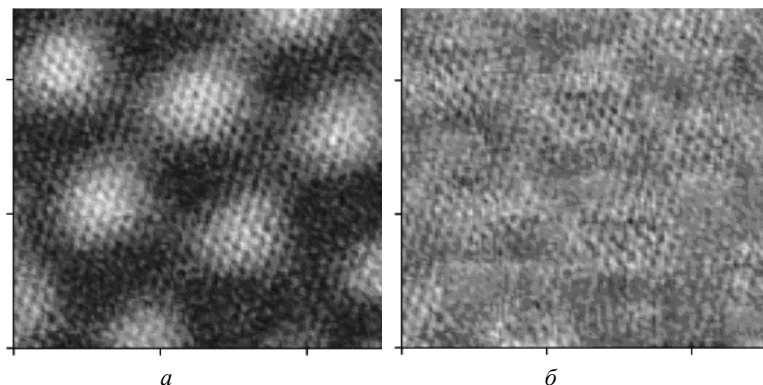


Рис. 4. Изображения поверхности графита: *a* – исходное СТМ-изображение; *б* – изображение, полученное в результате вейвлет-преобразования

В результате данной фильтрации удалось эффективно избавиться от точечных искажений СТМ-изображения. Фурье-фильтрация в данном случае оказывается малоэффективной.

В [10] производят удаление многоточечных артефактов при сканировании СТМ-изображений с помощью кристаллографического усреднения. Метод кристаллографической обработки изображения основан на применении фурье-фильтрации и хорошо работает при удалении эффектов «тупой» иглы СТМ [10–12]. В результате данной фильтрации удастся избавиться от двумерных искажений изображения.

В [13] предложен метод расширения множества анализируемых частот цифровыми фильтрами на основе частотной выборки. Рассмотрен способ повышения точности измерения этим классом фильтров спектров сигналов. В предложенном подходе используется согласованное обобщение структур фильтров на основе частотной выборки и стандартного нерекурсивного гребенчатого фильтра. Предложенный метод может найти широкое применение при решении задач выявления скрытых периодичностей, а также для исключения повторяющихся строк сканирования на изображении.

Пространственные фильтры

Градиентные фильтры. Методы этой группы используются для выделения границ объектов, подчеркивания и усиления локальных неоднородностей посредством выделения их границ (рис. 5) [14]. Градиентные методы (например, методы Лапласа, Уоллеса) осуществляют поиск граничных точек путем анализа функции градиента яркости изображения. Поскольку на границах объектов функция яркости претерпевает наиболее существенные изменения, значение градиента в этих точках больше, чем в остальных точках изображения. Таким образом, задавая пороговое значение для градиента функции на уровне, характерном для граничных точек, можно получить изображение, содержащее только границы объектов. Однако (как показала практика) градиентные методы демонстрируют неплохие результаты при отделении объектов от фона, но оказываются малоэффективными при решении задачи разделения «слипшихся» объектов (рис. 5 в, г) [15]. В результате выполнения данной фильтрации можно избавиться от двумерных искажений СТМ-изображения.

Пороговый метод имеет существенный недостаток, заключающийся в сложности, а зачастую просто в невозможности выбора порогового уровня яркости для получения приемлемого результата обработки изображения: повышение порогового уровня приводит к потере выделяемых объектов на изображении, а понижение – к появлению ложных объектов (рис. 5, б) [15].

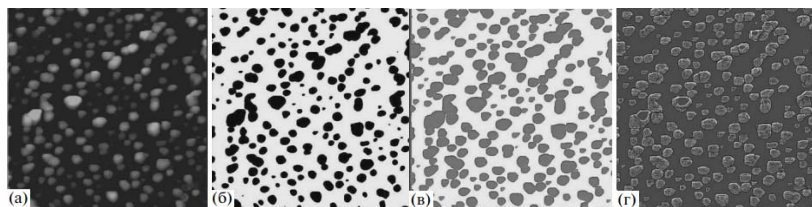


Рис. 5. Результат выделения границ объектов на СЗМ-изображении: *а* – исходное изображение 512×512 пикс; *б* – при обработке пороговым методом; *в* – методом Уоллеса; *г* – методом Лапласа

Медианные фильтры являются сглаживающими фильтрами, которые хорошо убирают шумы импульсного характера (например, шумы в виде отдельных точек) и в то же время сохраняют резкость границ [14]. Результат использования фильтра представлен на рис. 6.

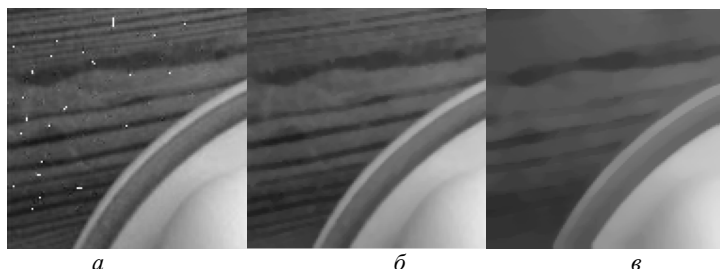


Рис. 6. Пример использования медианного фильтра: *а* – исходное изображение 128×128; *б* – после обработки фильтром с шириной апертуры 3; *в* – с шириной апертуры 7

В работе [16] рассмотрена возможность применения метода центроидной фильтрации (МЦФ) для обработки графических изображений в СТМ. МЦФ эффективно используется для обработки графических изображений, в частности, для оценки геометрико-топологических параметров деталей СТМ-изображений [16]. Контроль геометрических параметров ультрадисперсных частиц (УДЧ) и нанотрубок имеет большое значение для обеспечения необходимых электрофизических свойств кластерных материалов. Это определяет целесообразность применения данного метода для автоматизации процесса выделения контура изображения УДЧ.

Скелетные фильтры. Путем выделения трехмерного скелета методом вписывания связанных кубиков и контроля их размера выделяются дефекты сканирования образца типа трещина и эффективно отфильтровываются [18–20].

Заключение

В настоящее время уровень СТМ-исследований значительно возрос – от демонстрации возможностей прибора ученые перешли к серьезному анализу СТМ-результатов и реальному изучению поверхности образцов. Измерения геометрических параметров наночастиц с применением СТМ относятся к исследованиям с высокой разрешающей способностью. При этом предъявляются повышенные требования к цифровой обработке измерительной информации. Исходя из результатов проведенного анализа методов фильтрации СТМ-изображений можно сделать вывод, что является целесообразной разработка новых и модернизация существующих программных средств с целью улучшения качества и повышения достоверности СТМ-изображений.

Список литературы

1. Применение зондовой микроскопии для контроля размеров и анализа дисперсности наночастиц / П. В. Гуляев, П. В. Гафаров, Ю. К. Шелковников, А. В. Тюрников, С. Р. Кизнерцев // Вестник ИжГТУ. 2011. № 4. С. 119–122.
2. Применение детекторов кривизны для координатной привязки перекрывающихся изображений в зондовой микроскопии / П. В. Гуляев, Ю. К. Шелковников, А. В. Тюрников, С. Р. Кизнерцев // Ползуновский вестник. 2016. № 2. С. 122–125.
3. *Филонов, А.* Обработка и анализ данных в сканирующей зондовой микроскопии: алгоритмы и методы / А. Филонов, И. Яминский // Наноиндустрия. 2007. № 2. С. 32–34.
4. Приборы и методы зондовой микроскопии / Е. Г. Дедкова, А. А. Чуприк, И. И. Бобринецкий, В. К. Неволин : учеб. пособие. 2011. 160 с.
5. *Миронов В. Л.* Основы сканирующей зондовой микроскопии : учеб. пособие. М. : Техносфера, 2005. 144 с.
6. *Юрченко, Д. В.* Применение фурье-фильтрации для улучшения качества изображений в сканирующей зондовой микроскопии / Д. В. Юрченко, О. П. Вайтузин, Г. А. Александрова // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2010. Т. 1, № 6. С. 131–132.
7. *Рехвиашвили, С. Ш.* Применение вейвлет-преобразования в алгоритмах фильтрации изображений для сканирующего зондового микроскопа // Эвристические алгоритмы и распределенные вычисления. 2015. Т. 2, № 3. С. 70–79.
8. *Астафьева, Н. М.* Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения // Успехи физических наук. 1998. Т. 166, № 11. С. 1145–1170.
9. *Dremin, I. M., Ivanov, O. V., Nechitailo, V. A.* Wavelets and their uses. Hys. Usp, 2001, 44, 447–478.
10. *Straton, J. C., Moon, B., Bilyeu, T. T., Moeck, P.* Removal of Multipoint Artefacts from Images of a Scanning Tunneling Microscope by Crystallographic Averaging. Structural and Chemical Imaging, 2015, 1(1), 14.

11. *Yuliang Wang, Tongda Lu, Xiaolai Li and Huimin Wang.* Automated image segmentation-assisted flattening of atomic force microscopy images. *Beilstein Journal of Nanotechnology*, 2018, 9, 975-985.
12. *Moon, B.* Employment of Crystallographic Image Processing Techniques to Scanning Probe Microscopy Images of Two-Dimensional Periodic Objects. Master of Science Thesis Portland State University, 2011, 119 p.
13. *Пономарева, О. В.* Повышение точности и расширение функциональных возможностей цифровых фильтров на основе частотной выборки / О. В. Пономарева, Н. В. Пономарева // *Приборы и методы измерений*. 2013. № 2. С. 114–119.
14. *Гонсалес, Р.* Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. М. : Техносфера, 2005. 1072 с.
15. Метод выделения границ объектов на изображениях сканирующей зондовой микроскопии / Д. В. Хлопов, О. В. Карбань, М. В. Телегина, О. М. Немцова, И. В. Журбин, А. В. Смурыгин // *Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования*. 2010. № 2. С. 71–77.
16. Исследование возможностей метода центроидной фильтрации для обработки СТМ-изображений / А. И. Мурынов, М. В. Тарасов, А. В. Тюриков [и др.]. // *Ползуновский альманах*. 2007. № 3. С. 102–104.
17. *Юров, В. Ю.* Восстановление истинного СТМ-изображения поверхности с учетом дрейфа, наклона образца и калибровки керамики СТМ / В. Ю. Юров, А. Н. Климов // *Труды ИОФАН*. 1995. № 49. С. 5–19.
18. *Егоров, С. Ф.* Исследование и разработка алгоритмов структурного описания и анализа топологии изделий радиоэлектроники в системах контроля : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Ижевск, 1998.
19. *Afanas'ev, A. N., Egorov, S. F., Gafarov, R. M.* A control system of the topology of an article of radioelectronic equipment based on a skeleton description. *Pattern Recognition and Image Analysis (Advances in Mathematical Theory and Applications)*, 1998, vol. 8, no. 3, pp. 387.
20. *Gafarov, R. M., Egorov, S. F.* A topology representation model based on a skeleton description. *Pattern Recognition and Image Analysis (Advances in Mathematical Theory and Applications)*, 1998, vol. 8, no. 2, pp. 180-181.

Р. А. Тратканов, магистрант
Е. М. Марков, кандидат технических наук, доцент
Кафедра «Вычислительная техника»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Разработка интерактивного тира с инфракрасным имитатором оружия

Предложено решение по уменьшению экономических затрат и повышению общедоступности тира на основе собственной сборки системы.

Ключевые слова: имитатор оружия, инфракрасное излучение, камера, тир, электрическая принципиальная схема, поиск светового пятна.

R. A. Tratkanov, Master's Degree Student
E. M. Markov, PhD in Engineering, Associate Professor
Department of Computer Engineering
Kalashnikov ISTU

The development of an unteractive shooting range with an infrared weapons simulator

This article provides a solution to reduce economic costs and increase accessibility of the shooting range based on self-assembly of the system.

Keywords: weapon simulator, infrared, camera, shooting range, electrical scheme, searching light spot.

Тир с имитатором оружия нравится взрослым и детям обоих полов, однако возможности принять участия в такой игре может и не быть, например, из-за отсутствия такового в городе или нехваткой времени для поездки до места проведения. Купить тир для дома можно во многих интернет магазинах, однако ценовая категория позволит либо приобрести детский тир с дальностью игры до 5 м, либо потратить более 55 тыс. руб. для покупки интерактивной версии. Интерактивная версия тира состоит из камеры с инфракрасной (ИК) съемкой, ИК-имитатора оружия и программы, анализирующей попадание и вывод мишени на проектор. Для сбережения денежных средств вместо покупки программного обеспечения и готовых комплектующих в виде ИК-имитатора можно разработать данную систему самостоятельно в домашних условиях.

Разрабатываемый тир может обойтись бюджетом до 5 тыс. руб., однако это в большей степени зависит от наличия его частей и желаемого качества.

Нам понадобится: недорогой проектор, камера с возможностью ИК-съемки, персональное электронно-вычислительная машина (ПЭВМ), паяльник, расходный материал для пайки, микроконтроллер (МК) с программатором или Arduino NANO v3, электрорадиоэлементы (ЭРЭ), внешняя оболочка имитатора и аккумуляторная батарейка. В качестве внешней оболочки можно выбрать то, что вам больше нравится и позволяет бюджет: самостоятельно изготовить из подручных материалов, купить игрушечный пластиковый пистолет или макет на основе страйк-копии. Во внешнюю оболочку будет вложена небольшая спаянная схема, обеспечивающая работу ИК-имитатора, поэтому внутренности макета лучше изъять. Камеру с возможностью ИК-съемки можно либо приобрести, либо самостоятельно раздобыть дешевую web-камеру для ПЭВМ; однако стоит понимать, что чем лучше чувствительность и больше разрешающая способность камеры, тем качественнее и лучше будет работа системы тира в дальнейшем [1]. При покупке стоит ориентироваться на регистраторы или камеры с функциями ночной съемки, однако если было решено взять старую web-камеру и приспособить ее, то придется удалить из нее ИК-фильтр, как это описано в статье [2]. Последним покупным элементом системы является проектор, который для домашнего тира не должен быть высококачественным, поэтому можно обойтись покупкой недорогого DLP-проектора ценой до 4 тыс. руб. или более в зависимости от бюджета и желаемого качества.

Сборка схемы для ИК-имитатора не представляет особой сложности в случае, если необходим лишь базовый функционал, – выстрел по нажатию на спусковой крючок. Собрать схему несложно даже без какого-либо опыта пайки или знаний электротехники. В этом случае приобретается готовая МК-сборка Arduino NANO V3. В данной сборке практически все готово для работы, необходимо лишь на выходы припаять несколько ЭРЭ, аккумуляторную батарейку и написать небольшой программный код в бесплатной среде программирования Arduino. Для работы схемы рекомендуется использовать аккумуляторную батарейку с рабочим напряжением 6...12 В, при этом стоит отметить необходимость подведения отдельного питания для ИК-диода, который и будет имитировать выстрел, так как для увеличения дальности стрельбы требуется подача тока в 100 мА, а выводы МК-сборки обеспечить такое неспособны. Сама по себе батарейка изначально не выдает нужный ток питания, для этого используем токоограничивающий резистор с определенным сопротивлением, последовательно подключенный к ИК-диоду. Для расчета номинального сопротивления резистора используем формулу закона Ома.

С напряжением 6...12 В работает аккумуляторная батарейка типа крона или два последовательно соединенных литий-ионных аккумулятора, что дает напряжение питания 9 В. Можно использовать и другие аккумулято-

ры, но в качестве примера произведем расчет на основе 9 В. Диод при токе питания в 100 мА подавляет 1,5 В. Зная все переменные, подставим их в формулу:

$$R = \frac{9 - 1,5}{0,1} = 75 \text{ [Ом]}. \quad (1)$$

В итоге нам нужен резистор с сопротивлением 75 Ом, покупать стоит маломощный в 1 Вт. Для обеспечения импульсного выстрела можно использовать простой транзисторный ключ, на базу которого подавать питания будет МК, а на коллектор питание будет поступать с аккумулятора. Последний ЭРЭ является нормально разомкнутая кнопка без фиксации при нажатии на который и будет производиться выстрел. Примерная схема соединений изображена на рис. 1.

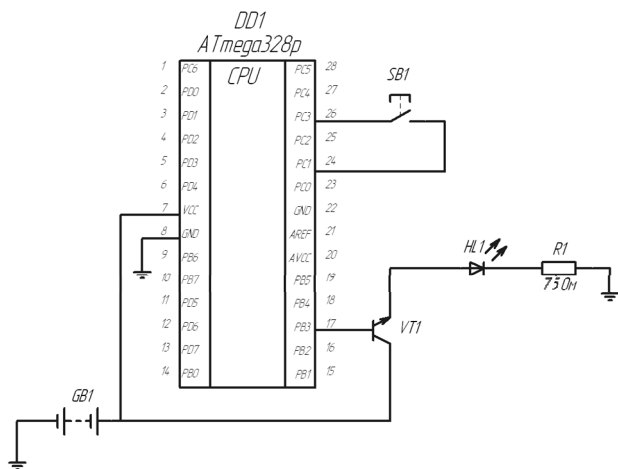


Рис. 1. Электрическая принципиальная схема ИК-имитатора

При монтаже схемы во внешнюю оболочку, выбранную ранее, можно добавить в дуло двояковыпуклую линзу, расположенную на фокусном расстоянии от ИК-диода, – это примерно на расстоянии диаметра линзы. Данный элемент увеличивает дальность стрельбы в несколько раз, а также уменьшает диаметр пятна на выходе также в несколько раз, однако сборка еще не окончена. Помимо пайки схемы необходимо запрограммировать МК для работы в качестве имитатора оружия. Программа должна ожидать приема сигнала от кнопки SB1, изображенной на рис. 1, и подавать ток на

базу транзистора VT1. Исходя из принципа работы схемы, появляется не менее простой исходный код для Arduino на языке C++:

```
int c=0;
void setup()
{
  pinMode(5, OUTPUT);
  pinMode(11, OUTPUT);
  digitalWrite(5, HIGH);
  digitalWrite(11, LOW);
}
void loop()
{
  c = analogRead(2);
  if (c > 1000)
  {
    digitalWrite(11, HIGH);
    delay(30);
    digitalWrite(11, LOW);
    c = 0;
    delay(100);
  }
  else { /* do nothing */ }
}
```

Если сравнивать схемы на рис. 1 и разметку от Arduino, то выход pin 5 подает питания на кнопку, при замыкании которой появляется сигнал на аналоговом входе pin 2, с которого и производится чтение. Если напряжение на pin 2 более двух вольт, то в течение 30 мс подаем питание на базу транзистора, после чего прекращаем подачу питания и начинаем цикл заново. Если пришла помеха или вообще ничего не пришло на pin 2, то ничего не делаем. На этом разработка ИК-имитатора закончена.

Последним этапом является написание программы для «отлавливания» ИК-пятна и нахождения его центра, так как диаметр пятна при увеличении дистанции стрельбы также увеличивается. В качестве среды разработки выбрана бесплатная версия Visual Studio Community Edition, а язык программирования C#. Алгоритм поиска пятна можно выстроить аналогично приведенному в работах [4, 5]. Для работы с изображениями и с камерами существует библиотека компьютерного зрения EmguCV, распространяемая бесплатно [3]. Алгоритм программы можно представить поэтапно: сначала необходимо произвести «захват» потока кадров с камеры, после чего можно обрабатывать все кадры, приходящие с камеры, подключенной к компьютеру.

В качестве основы программы возьмет стандартный проект для работы с EmguCV, в который подключим модуль для работы с камерами.

```
private Capture webcam;
```

Далее создадим обработчик события захватывающего кадр с камеры и выводящий его в окно `imageBox1`.

```
private void grab_frame(object sender, EventArgs e)
{
    Image<Bgr, Byte> Frame = webcam.QueryFrame();
    imageBox1.Image = Frame;
    Frame.Dispose();
}
```

В этой же функции можно произвести преобразования над полученным кадром, которые помогут увеличить точность нахождения пятна, подробнее описано в примерах разработчиков библиотеки [3]. В функции инициализации устанавливаем режим работы с камерой и разрешение кадра:

```
private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)
{
    webcam = new Capture();
    webcam.SetCaptureProperty(
        Emgu.CV.CvEnum.CAP_PROP.CV_CAP_PROP_FRAME_HEIGHT, 240);
    webcam.SetCaptureProperty(
        Emgu.CV.CvEnum.CAP_PROP.CV_CAP_PROP_FRAME_WIDTH, 320);
    Application.Idle+=new EventHandler(grab_frame);
}
```

В функцию захвата кадра и вывода его в специальное окно помимо фильтрации нужно добавить функцию поиска центра пятна [6] и вывода результатов. Для получения интерактивного тира дополнительно нужно подготовить изображение для проектора с известными зонами для попадания, что позволяет получить базовый функционал для работы тира.

В результате проделанной работы был разработан недорогой интерактивный тир с собственным ИК-имитатором и программой, позволяющей отфильтровать изображение и найти точку попадания. Преимуществом предложенного варианта по сравнению с аналогами, распространяемыми на рынке, являются его стоимость и возможность самостоятельной доработки программного обеспечения на основе бесплатного распространения необходимых библиотек.

Список литературы

1. *Марков, Е. М.* Разработка мобильной телевизионной системы для измерения параметров дробового выстрела на основе камеры видеонаблюдения / Е. М. Марков, А. Ю. Вдовин // Вестник ИжГТУ. 2014. № 4. С. 121–123.
2. Dimio. Создание инфракрасной камеры ночного видения из веб-камеры URL: <http://dimio.org/sozдание-infrakrasnoj-kamery-nochnogo-videniya-iz-veb-kamery.html> (дата обращения: 12.07.17).
3. Кросс-платформенное. Net дополнение для библиотеки OpenCV. URL: <http://www.emgu.com> (дата обращения: 1.03.17).
4. *Марков, Е. М.* Исследование способов улучшения быстрой бинаризации растрового изображения для регистрации пробойн в информационно-измерительной системе на основе фотокамеры // Вестник ИжГТУ. 2009. № 1. С. 105–106.
5. *Марков, Е. М.* Анализ и описание объектов на изображении дробового выстрела на мишени / Е. М. Марков, С. В. Казаков // Интеллектуальные системы в производстве. Ижевск : Изд-во ИжГТУ. 2010. № 2. С. 176–179.
6. *Марков, Е. М.* Разработка методик и средств контроля параметров дробового оружия с использованием телекамеры : автореф. ... дис. канд. тех. наук. Ижевск, 2011. 23 с.

П. П. Горбунов, студент
Е. А. Рассомахин, студент
Кафедра «Вычислительная техника»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Процесс разработки проектов на ПЛИС с использованием САПР Quartus II

Описываются основные принципы процесса разработки проектов для ПЛИС на примере Cyclone IV. Описаны этапы проектирования в САПР, принципы отладки и поиск ошибок, способы работы с интерфейсами отладочной платы, а также методы прошивки проекта в учебный стенд.

Ключевые слова: ПЛИС, САПР Quartus II, Cyclone IV, проектирование.

P. P. Gorbunov, student
E. A. Rassomahin, student
Department of Computer Engineering
Kalashnikov ISTU

The process of developing projects on FPGAs using Quartus II CAD

The article describes the basic principles of the project development process for FPGAs using the example of Cyclone IV. It describes the design stages in CAD, the principles of debugging and error search, ways of working with debug board interfaces, as well as the methods of firmware installation in the training stand.

Keywords: FPGA, Quartus II CAD, Cyclone IV, development process.

Процесс проектирования начинается с выбора устройства. Необходимо обозначить модель ПЛИС в САПР для корректной работы. Так система проектирования определяет ограничения для пользователя, чтобы, например, не было задействовано памяти команд больше, чем может позволить кристалл. Назначение ножек так же формируется на данном этапе. Приведем список характеристик, интерфейсов и рисунок рассматриваемой схемы ниже на рис. 1.

Стоит отметить, что для корректной работы программатора *USB Blaster* необходимо установить драйвера на компьютер, на котором ведется процесс проектирования. Данные драйвера поставляются вместе с пакетом программ Quartus.

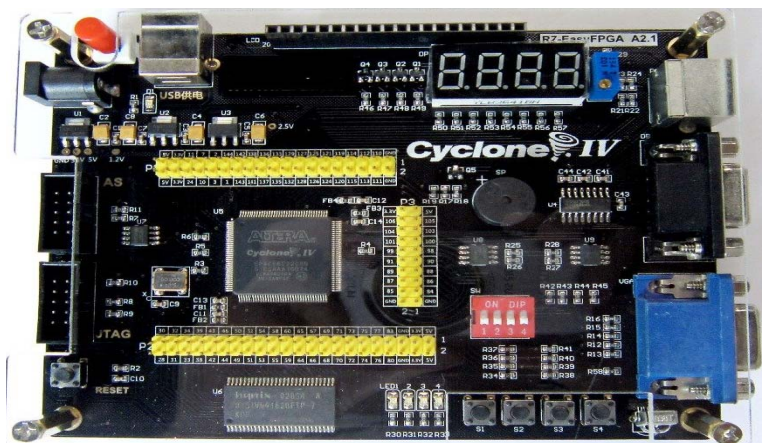


Рис. 1. Отладочная плата RZ-EasyFPGA A2.1 с чипом Cyclone IV

Периферийные интерфейсы и ресурсы

1. Полное название: *ALTERA Cyclone IV EP4CE6E22C8N*.
2. Конфигурации памяти:
 - чип *EPCS16n* с 16 Мбит памяти, используется для загрузки и отладки программного кода через интерфейс *JTAG*;
 - чип *Hynix 928A* с 64 Мбит памяти *SDRAM*, поддержка встраиваемого процессора *NiosII*.
3. Входное напряжение: по средствам блока питания 5 В. Плата также может быть включена через интерфейс *USB*.
4. Отладка программы и загрузка интерфейса:
 - *JTAG*-интерфейс: для прошивки с помощью *.sof-файла. Данные стираются после отключения питания.
 - *AS*-интерфейс: для прошивки с помощью *.rof-файла. Нет потери данных после отключения питания.
5. Кнопка питания с фиксатором.
6. Кнопка сброса, 4 пользовательских кнопки.
7. 4 светодиодных диода.
8. Семисегментный индикатор на 4 разряда.
9. 4-разрядный переключатель *DIP*.
10. Динамик-спикер.
11. Интерфейс *ps/2*.
12. Последовательный порт *RS232*.

13. 1*20 pin LCD разъем, поддержка ЖК 1602, ЖК 12864, TFT ЖК дисплеев.
14. Температурный датчик чип Lm754a.
15. Интерфейс VGA для подключения монитора.
16. Последовательный порт I2C.
17. Интерфейс расширения для подключения дополнительных расширений, таких как Ethernet, USB и т. д.

Процесс проектирования

В данной статье будет описана работа интерфейсов VGA, Ps/2 (клавиатура), а также задействован семисегментный индикатор и 4 пользовательских ключа. Важным моментом является то, что в работе задействован процессор *Nios II*.

Проектирование будет организовано в несколько этапов:

1. Создание блоков для приема и дешифрации сигналов с интерфейсов VGA и Ps/2 с ножек платы на языке проектирования (Verilog).
2. Конфигурация процессора *Nios II* в соответствии с поставленной задачей.
3. Программирование процессора *Nios II* (C++).
4. Составление единой схемы проекта, распиновка.
5. Прошивка проекта в ПЛИС.

Большинство интерфейсов жестко привязаны к синхросигналу платы. Языки проектирования позволяют очень наглядно и просто работать с ними. Таким образом, данные с интерфейсов *VGA* и *PS/2* считываются с помощью блоков, которые были созданы по средствам языка *Verilog*. Внутри блоков сигнал дешифрируется в двоичную последовательность и передается на обработку процессору *Nios II*, который в зависимости от полученных данных принимает решения и отдает сигнал на индикаторы. Пример кода, выполняющий дешифрацию сигнала с клавиатуры, приведен ниже:

```
...
begin
if (rxtimeout == 50000)
state <= idle;
else if (rxregister[0] == 0)
begin
dataready <= 1;
rxdata <= rxregister[8:1];
state <= ready;
datafetched <= 1;
end
end
...
```

Принцип работы клавиатуры *Ps/2* заключается в том, что при нажатии на клавишу контроллер клавиатуры посылает старт – бит, после которого следует 8 бит данных и завершающий стоп – бит. Функция данного блока – дешифровать сигнал с битовой шины и передать его уже в виде массива далее в процессор.

Функция процессора в данном проекте – организовать работу семисегментного индикатора в зависимости от нажатой клавиши на клавиатуре и приведение сигналов к интуитивно понятному виду и подготовить сигнал для дальнейшей работы с *VGA* монитором. Конфигурация процессора включает в себя память команд и набор интерфейсов ввода-вывода. В зависимости от входного сигнала с клавиатуры формируется выходной сигнал для семисегментного индикатора, отображающий клавишу, которая нажата, а также формируется сигнал для заливки цветом *VGA*-монитора.

Вывод сигнала на интерфейс монитора организован по средствам еще одного функционального блока. Сигнал поступает от процессора *Nios II*, в зависимости от этого сигнала выбирается цвет, и монитор закрашивается определенным цветом.

Схема вышеперечисленных элементов представлена на рис. 2:

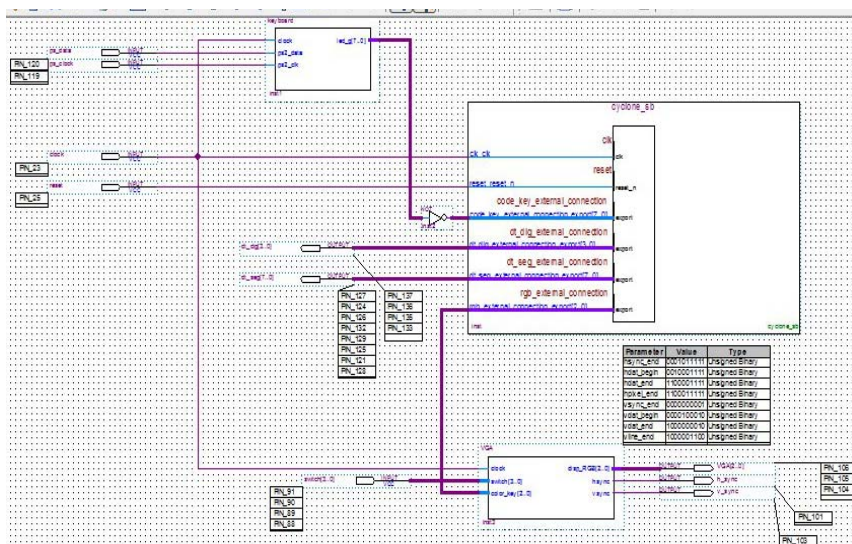


Рис. 2. Схема коммуникации СФ-блоков

Стоит отметить, что корректность работы процессора можно протестировать на этапе написания прошивки. Для этого нужно воспользоваться утилитой *Nios II Debugger*. Однако для этого необходимо добавить данный блок в конфигурацию процессора на этапе аппаратного проектирования. А также программа должна быть уже загружена в память ПЛИС, чтобы запустить процесс отладки.

После окончания конфигурации схемы необходимо провести компиляцию всего проекта. В случае успешной компиляции нужно осуществить переход к следующему этапу распиновки.

Распиновка

Чтобы связать программный проект и аппаратную логику ПЛИС, необходимо воспользоваться документацией к плате и организовать соответствия в утилите *Pin Planner*. В рамках данного проекта приведем список нужных ножек в таблице.

Назначения ножек платы

Интерфейс	Номер ножки	Интерфейс	Номер ножки
Кнопка сброса	25	Семисегментный индикатор	
Синхросигнал	23	DIG 1	133
Vga_hsync	101	DIG 2	135
Vga_vsync	103	DIG 3	136
Vga_b	104	DIG 4	137
Vga_g	105	SEG 0	128
Vga_r	106	SEG 1	121
Ключ 1	88	SEG 2	125
Ключ 2	89	SEG 3	129
Ключ 3	90	SEG 4	132
Ключ 4	91	SEG 5	126
		SEG 6	124
		SEG 7	127

Далее в САПР Quartus необходимо назначить все вышеперечисленные ножки интерфейсам ввода вывода на схеме.

После назначения сигналов нужно скомпилировать проект еще раз. В случае успешной компиляции переходим к загрузке проекта в отладочную плату.

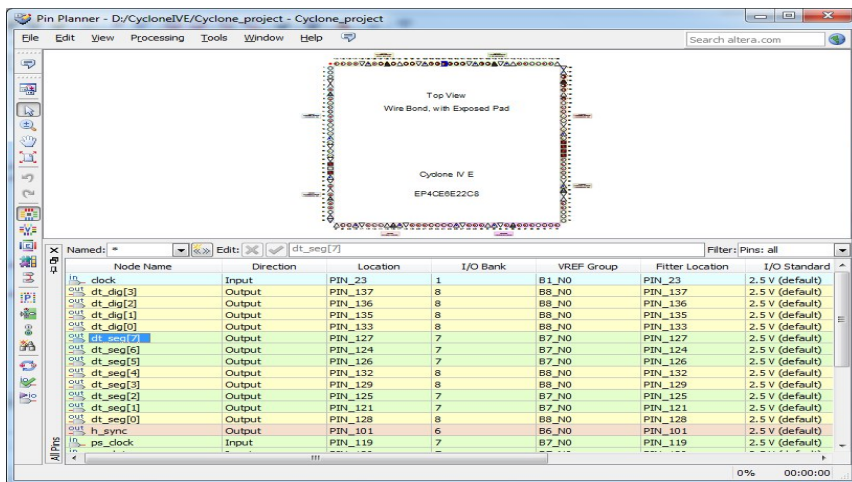


Рис. 3. Назначение сигналов платы

Вывод

Чтобы организовать весь процесс проектирования ПЛИС, достаточно системы автоматизированного проектирования *Quartus II*. Данный комплекс с набором утилит для выполнения большого спектра функций способен организовать создание логики ПЛИС с нуля. *Quartus* поддерживает все устройства производства фирмы *Altera* и имеет возможность работать с каждым. Программные комплексы обновляются каждый год, поэтому поддержка устройств не прекращается.

Список литературы

1. Амосов, В. В. Схемотехника и средства проектирования цифровых устройств. БХВ-Петербург 2007. 541 с.
2. Язык описания аппаратуры Verilog HDL. URL: <https://marsohod.org/verilog> (дата обращения: 20.03.2018).
3. Семисегментный индикатор: программирование работы. URL: <http://microkontroller.ru> (дата обращения: 15.03.2018).
4. Описание протокола PS/2 для мыши и клавиатуры. URL: <https://marsohod.org> (дата обращения: 21.03.2018).

А. В. Антонов, магистрант
А. Ю. Вдовин, кандидат технических наук, доцент
Кафедра «Вычислительная техника»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Упрощенная имитационная модель сигнала оптического датчика при пересечении дробовым снопом светового экрана

Рассмотрены несколько возможных вариантов создания модели сигнала оптического датчика при пересечении дробовым снопом светового экрана. Предложен подход к созданию такой модели, основанный на использовании некоего эталонного импульса, соответствующего пересечению светового экрана одиночным элементом дробового снопа.

Ключевые слова: дробовой снап, внешняя баллистика, световой экран, сигнал, имитационная модель, скорость.

A. V. Antonov, Master's Degree Student
A. Yu. Vdovin, PhD in Engineering, Associate Professor
Department of Computer Engineering
Kalashnikov ISTU

Simplified simulation model of the optical sensor when shot cloud intersects light screen

The article deals with several options for creating a signal model of the optical sensor after a shot cloud crossing light screen. The approach to developing of this model based on the use of a certain reference pulse corresponding to the intersection of the light screen with a single grain of the shot cloud was provided

Keywords: shot cloud, external ballistics, light screen, signal, simulation model, velocity.

Характеристики автоматизированных систем, применяемых для оценки внешнебаллистических параметров метаемых элементов, в большой степени зависят от качества программного обеспечения этих систем, в частности от разработанных алгоритмов. При этом достаточно трудно оценить, например, точность конкретного используемого алгоритма и выбрать из нескольких алгоритмов оптимальный. В таких случаях можно использовать моделирование, при котором можно задавать конкретные параметры модели, оценивать их посредством различных алгоритмов и осуществлять окончательный выбор на основании сопоставления результатов.

В настоящее время метод определения скорости и количества движения метаемого элемента (например, дроби) описан в ГОСТ Р 50530–2015, при этом для расчета необходимо иметь значения моментов срабатывания двух оптических блокирующих устройств.

При этом алгоритм оценки времени пересечения светового экрана никак не регламентирован, вследствие чего возникает проблема получения точного алгоритма оценки. Сигнал оптического датчика при пересечении светового экрана дробовым снопом может иметь, например, вид как на рис.1 [1, 2].

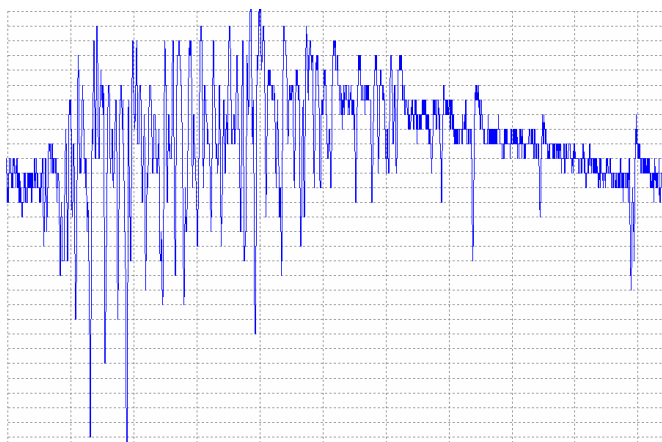


Рис. 1. Пример реального сигнала для дроби № 5

В этом случае неясно, какой момент считать моментом пересечения светового экрана (среди очевидных вариантов можно предложить момент достижения сигналом определенного порога или максимального значения). Но такие варианты могут быть нереализуемы по ряду причин (фиксация при выстреле вспышки и различных конструктивных элементов патрона, например, пыжей-контейнеров) [3].

Необходимую имитационную модель можно создать различными способами, например, с использованием моделей оптического датчика, созданных в Micro-Cap [4] или Qucs [5]. Но возможен и более простой вариант. Для создания модели на имеющихся реальных сигналах были выбраны импульсы, соответствующие моменту пересечения экрана одиночным элементом снопа.

Из-за наличия флуктуационных помех и низкочастотной синусоидальной помехи на входе фотоприемника [1, 6] было принято решение о пред-

варительной обработке одиночных импульсов посредством медианной фильтрации по трем отсчетам [7]. Таким образом, импульсы принимают следующий вид (рис. 2).

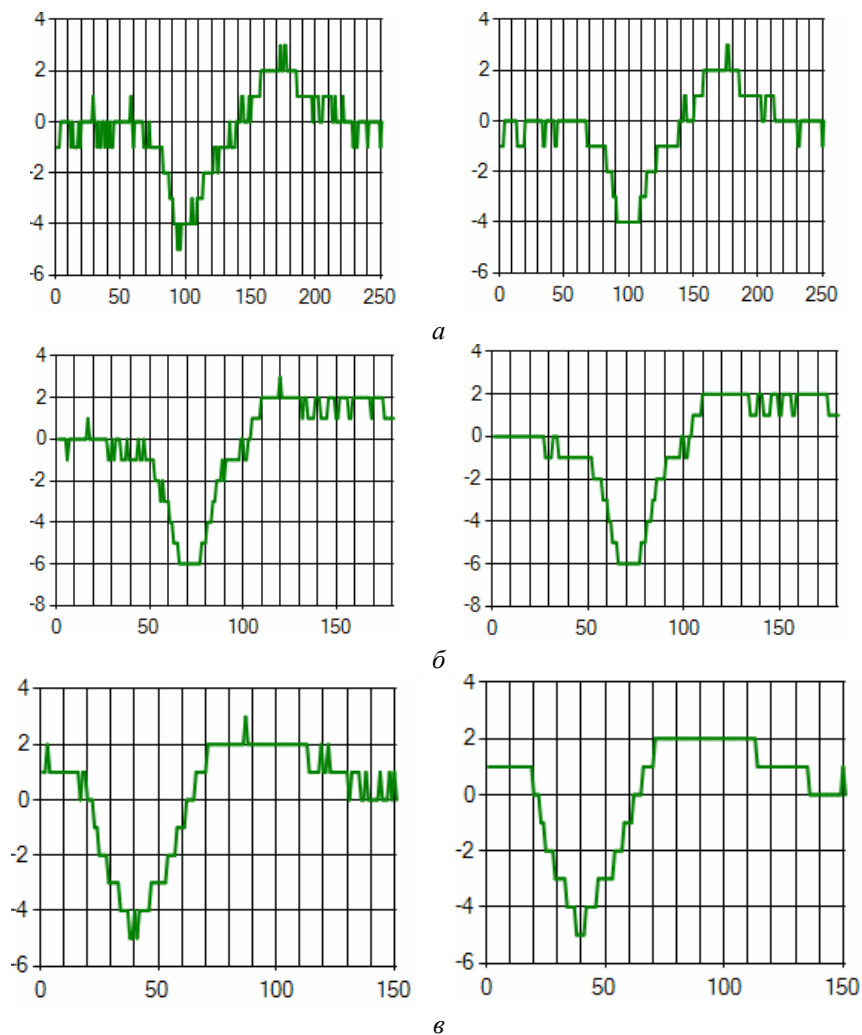


Рис. 2. Эталонные сигналы до (слева) и после (справа) фильтрации для дроби № 1 (а), № 3 (б) и № 5(в)

Результирующие импульсы будем использовать в качестве эталонных, на их основе будет формироваться сигнал, соответствующий пересечению дробовым снопом светового экрана. При этом будем считать, что сигнал, получаемый с датчика, представляет собой аддитивную смесь импульсов от одиночных элементов, составляющих дробовой сноп. При создании такой упрощенной модели будем пренебрегать следующими обстоятельствами:

- в зависимости от конкретной траектории дробины параметры регистрируемого импульса могут несколько отличаться;

- часть дробинок в момент выстрела деформируется [8], что также может привести к изменению параметров регистрируемого импульса.

Известно [9, 10], что одиночные элементы дробового снопа в направлении стрельбы распределены согласно закону Рэлея [11] с интегральной функцией распределения

$$F(x) = 1 - e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

где σ – параметр масштаба.

Генерация происходит по методу обратных функций (методу Смирнова) [12], основанном на получении случайной величины с необходимой функцией распределения путем модификации генератора с равномерным законом распределения. В данном случае обратная функция будет иметь вид

$$F^{-1}(x) = \sigma \sqrt{-2 \ln(1-x)}. \quad (2)$$

На основе полученного выражения происходит генерация моментов времени пересечения для каждой отдельной дробины первого светового экрана. Использование предложенной модели позволит, например, получить объективный инструмент для оценки точности различных алгоритмов определения скорости дробового снопа.

Список литературы

1. Вдовин, А. Ю. Разработка системы на основе световых экранов для определения внешнебаллистических параметров : дис. канд. техн. наук. Ижевск, 2010.
2. Вдовин, А. Ю. Исследование дробового снопа с помощью световых экранов / А. Ю. Вдовин, Е. М. Марков // Сб. науч. трудов по материалам междунар. науч.-практ. конф. «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития». Одесса : Черноморье, 2009. Т. 3. С. 60–61.
3. Vdovin, A. Yu. The problems of assessing speed of shot sheaf system on the basis of the light screens // Вестник полиции. Сочи : Исследователь, 2015. № 1(3). С. 34–38.

4. Моделирование в среде Micro-Cap оптического датчика информационно-измерительной системы на основе световых экранов / А. Ю. Вдовин, В. С. Казаков, В. В. Коробейников, В. А. Киселев // Вестник ИжГТУ. 2012. № 3. С. 108–110.
5. Вдовин, А. Ю. Моделирование оптического датчика светового экрана в среде Qucs / А. Ю. Вдовин, С. А. Данилов // Информационные технологии в науке, промышленности и образовании : сб. трудов регион. науч.-техн. очно-заоч. конф. (18 мая 2013 г.) / науч. ред. В. А. Куликов. Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2013. С. 130–133.
6. Вдовин, А. Ю. Цифровая фильтрация в автоматизированных системах определения внешнебаллистических параметров // Информационные технологии в промышленности и образовании : сб. тр. науч.-техн. конф. факультета «Информатика и вычислительная техника», посвященной 50-летию кафедры «Вычислительная техника» ИжГТУ / науч. ред. Ю. В. Веркиенко. Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2009. С. 52–55.
7. Романова, Е. М. Создание моделей сигналов оптического датчика автоматизированной системы на основе световых экранов / Е. М. Романова, А. Ю. Вдовин // Информационные технологии в науке, промышленности и образовании : сб. трудов регион. науч.-техн. очно-заоч. конф. (Ижевск, 23 мая 2015 г.) / науч. ред. В. А. Куликов. Ижевск : Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2015. С. 277–281.
8. Михайлов, Л. Е. Ижевские охотничьи ружья / Л. Е. Михайлов, Н. Л. Изметинский. Ижевск : Удмуртия, 1976. 176 с. : ил.
9. Compton, D. J. An experimental and theoretical investigation of shot cloud ballistics : Doctoral thesis. University of London, 1996.
10. Вдовин, А. Ю. Исследование возможности оценки положения отдельных дробинок в дробовом снопе с помощью системы на основе световых экранов / А. Ю. Вдовин, С. А. Данилов // Информационные технологии в науке, промышленности и образовании : сб. трудов регион. науч.-техн. очно-заоч. конф. (18 мая 2013 г.) / науч. ред. В. А. Куликов. Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2013. С. 133–138.
11. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей. М. : Физматгиз, 2002. 564 с.
12. Голенко, Д. И. Моделирование и статистический анализ псевдослучайных чисел на электронных вычислительных машинах. М. : Наука ; ГРФМЛ, 1969. 228 с.

Методы измерения тока в коммутаторе космического аппарата

Измерение тока является обязательным требованием для многих сфер деятельности. Например, необходимо измерять ток, чтобы обеспечить защиту при превышении током заданного предела или использовать эти измерения в системах учета расхода и контроля качества электроэнергии.

Ключевые слова: метод измерения тока, магнитное поле, малая индуктивность.

A. I. Nelyubin, Master's Degree Student
Department of Computer Engineering
Kalashnikov ISTU

Methods of measuring current in a switch of the spacecraft

Current measurement is a requirement for many fields of activity. For example, it is necessary to measure the current in order to provide protection when the current exceeds a predetermined limit, or to use these measurements in power consumption and quality control systems.

Keywords: current measurement method, magnetic field, low inductance.

Необходимость измерения тока проявляется при управлении силовыми преобразователями и электроприводом для формирования сигнала обратной связи. Рассмотрим методы измерения тока.

Задача состоит в том, чтобы в режиме реального времени измерять ток, и если значения тока превышает определенный порог, то коммутатор должен разъединить цепь. Так как прибор установлен в космический летательный аппарат, то метод измерения тока должен отвечать некоторым требованиям по надежности. Одновременно способ должен быть легок в исполнении. Прибор не должен измерять большие токи, поэтому не будем делать упор на методы измерения тока, которые могут измерять большие показатели. Аппарат будет производить полет в открытом космосе, поэтому не будет возможности рассеивать тепло кроме как с помощью специальных площадок. Поэтому уделим данному критерию достаточное внимание.

Методы измерения тока реализованы следующими технологиями:

- с помощью токочувствительных резисторов (шунтов);
- использование MOSFET SENSEFET – специальных MOSFET (SENSEFET) с измерительным выходом;

- использование датчика Холла;
- измерение с помощью трансформатора тока, в частности катушкой (поясом) Роговского.

Токочувствительный резистор (шунт).

Это способ измерения тока без гальванического разделения цепей. Данный способ является самым простым и экономичным. Такие резисторы выпускают различные компании – Caddock, Bourns, Vishay, TT Electronics.

Максимальная мощность рассеивания резистор в диапазоне 0,125...24000 Вт. Как известно, при большой рассеиваемой мощности перегрев неизбежен, что приведет к ограничению эксплуатационных параметров.

Зависимость допустимой мощности рассеивания от температуры окружающей среды приведена на рис. 1.

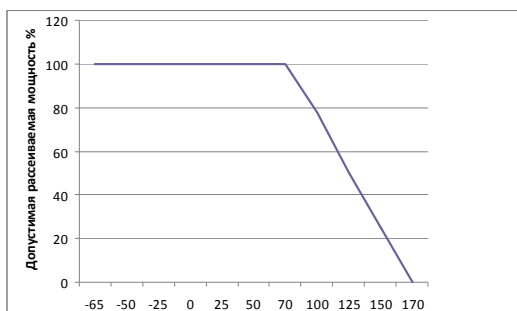


Рис. 1. Кривая ограничения допустимой мощности рассеивания резистора в зависимости от температуры окружающей среды

На погрешность измерения влияет температурный коэффициент сопротивления (ТКС), а также термоЭДС, о которой нельзя забывать при прецизионных измерениях. Она возникает на контакте двух сред (резистивного материала и материала контактов) и возрастает с увеличением температуры. Однако компании Vishay удалось снизить значение термоЭДС до 0,05 мкВ/°С. Это лучший результат производителей этих компонентов.

Если токочувствительные резисторы используются в цепях с большой скоростью нарастания тока, то из этого следует, что паразитная индукция L_{SH} шунта становится источником погрешности. По формуле падение напряжения на шунте составит

$$V_{SH} = R_{SH} * I + L_{SH} * \frac{di}{dt},$$

где R_{SH} – сопротивление шунта; L_{SH} – паразитная индуктивность шунта.

Величина $L_{SH} * di/dt$ представляет собой динамическую погрешность измерения. Таким образом, для работы в цепях с большой скоростью изменения тока следует выбирать безиндуктивные шунты.

Существуют шунты с малой индуктивностью. В этом случае их индуктивность действительно очень мала.

Из-за паразитной индуктивности шунта на осциллограмме могут появиться узкие всплески в сигнале тока.

Следующим шагом после выбора токочувствительного резистора является выбор усилителя сигнала шунта.

Еще один способ измерения тока реализуется с помощью специального SENSEFET.

SENSEFET состоит из нескольких тысяч параллельно соединенных ячеек, параметры которых хорошо согласованы. Для измерения тока используется несколько ячеек, которые «отщепляются» от основного канала. При этом сопротивление измерительного канала достаточно велико и может составлять несколько сотен Ом. У разных производителей соотношение измерительных и силовых ячеек колеблется в пределах 1:500...1:1000. Но этот способ еще до конца не изучен автором, поэту пока не будем его рассматривать.

Способы измерения тока с гальваническим разделением цепей.

Распространяется два способа измерения тока с гальваническим разделением цепей – датчик Холла и трансформаторный датчик.

Трансформаторный датчик можно реализовать в виде трансформатора тока с ферромагнитным сердечником или без него (катушка Роговского).

Катушка Роговского.

В катушках Роговского используются те же самые принципы работы, что и в традиционных трансформаторах тока с металлическим сердечником. Основное отличие заключается в том, что катушка катушки Роговского осуществляется на немагнитный сердечник, результатом чего является линейность характеристики, поскольку сердечник не насыщается. Трансформатор тока с ферромагнитным сердечником обычно используется для измерения больших токов вплоть до нескольких тысяч ампер. В основном он находит применение в энергетике или в силовой электронике, в каскадах с токами в сотни ампер. К его недостаткам можно отнести не очень хорошую линейность, наличие гистерезиса и насыщение, а также относительно узкий диапазон частот измеряемого тока.

Поскольку у катушки Роговского нет ферромагнитного сердечника, она лишена недостатков токового трансформатора, а также имеет меньшие габариты и массу. К ее достоинствам следует отнести очень широкий частотный диапазон, который достигает нескольких МГц, и возможность измерения быстро нарастающего или спадающего тока со скоростью вплоть до нескольких десятков тысяч А/мкс.

К недостаткам катушки Роговского следует отнести малую чувствительность, зависимость выходного сигнала от частоты измеряемого тока, сдвиг фаз выходного сигнала и измеряемого тока.

Датчик Холла.

Датчик Холла (датчик положения) представляет собой датчик магнитного поля. Работа устройства основана на эффекте Холла. Данный эффект основан на следующем принципе: если поместить определенный проводник с постоянным током в магнитное поле, то в таком проводнике возникает поперечная разность потенциалов (напряжение Холла). Другими словами, устройство служит для измерения напряженности магнитного поля. Сегодня датчик Холла может быть как аналоговым, так и цифровым.

Датчик Холла закреплен в зазоре магнитопровода и соединен с входом усилителя. При протекании измеряемого тока по шине, охватываемой магнитопроводом, в последнем наводится магнитная индукция. Датчик Холла, реагирующий на возникшее магнитное поле, вырабатывает напряжение, пропорциональное величине наведенной магнитной индукции. Выходной сигнал с датчика усиливается электронным усилителем и подается в компенсационную обмотку

Приведем оценочные характеристики различных методов измерения тока (таблица).

Оценочная таблица характеристик различных методов измерения тока

Методы измерения тока	Токочувствительный резистор (шунт)	Катушка Роговского	Датчик Холла
Стоимость	Очень маленькая	Низкая	Высокая
Линейность	Очень хорошая	Очень хорошая	Средняя
Измерение больших токов	Очень низкая	Очень хорошая	Хорошая
Рассеиваемая мощность	Значительная	Низкая	Средняя
Проблема с насыщением	Нет	Нет	Да
Зависимость от температуры	Средняя	Очень низкая	Высокая
Проблема смещения постоянной составляющей	Да	Нет	Да
Измерение постоянного тока	Да	Нет	да

Из таблицы видно, что для наших нужд подходит токочувствительный резистор (шунт). Он отвечает всем нашим критериям.

На рис. 2 изображен схематичный рисунок работы и расположения шунта.

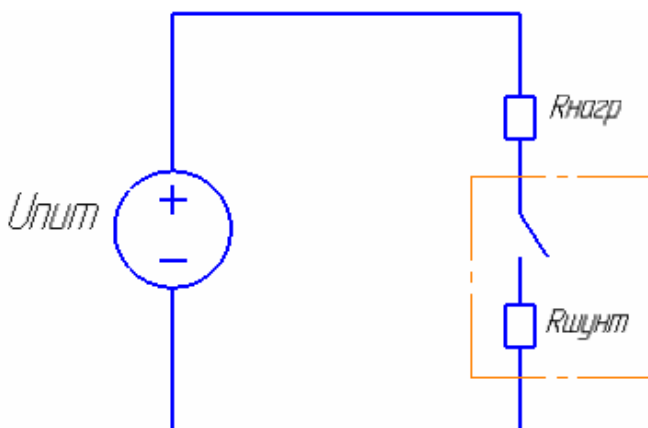


Рис.2. Схематичный рисунок работы ключа

Из рисунка видно, что нагрузка и шунт соединены последовательно, а это значит, что ток, протекающий через каждый резистор, одинаков, поскольку имеется только одно направление для протекания тока. В то же время падение напряжения будет пропорционально сопротивлению каждого резистора в последовательной цепи.

Управлять ключом будет подключенная к нему ПЛИС (программируемая логическая интегральная схема), которая будет замыкать и размыкать цепь. На ПЛИС будет приходить информация о токе, и она будет открывать и замыкать цепь, ссылаясь на эти данные.

Список литературы

1. Гендин, Г. С. Всё о резисторах : справочник. Горячая линия-Телеком, 1999. 192 с.
2. Хоровиц, П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл ; под ред. М. В. Гальперина. В 2 т. М. : Мир, 1983. 590 с.
3. Сергей Нестеренко. Методы измерения тока // Электронные компоненты. 2017. С. 32.

С. В. Калинин, магистрант
Кафедра «Вычислительная техника»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Применение интерфейса RS-485 для управления автоматизированным стендом испытаний погружных электронасосов

Статья посвящена применению последовательного интерфейса RS-485 в автоматизированном стенде испытания погружных электронасосов. Стенд располагается на производственных площадках в условиях больших разнородных помех. Особое внимание уделено применению интерфейса в стенде испытаний и реализации обмена на языке высокого уровня

Ключевые слова: интерфейс, витая пара, передача, прием, протокол, обмен, кадр, алгоритм, программное обеспечение.

S. V. Kalinin, Master's Degree Student
Department of Computer Engineering
Kalashnikov ISTU

Application of the RS-485 interface for control of the automated test bench for submersible electric pumps

The article is devoted to the application of the RS-485 serial interface in an automated test bench for submersible electric pumps. The stand is located on production sites in conditions of large heterogeneous interference. Particular attention is paid to the application of the interface in the test bench and the implementation of the exchange in a high-level language

Keywords: interface, twisted pair, transmission, reception, protocol, exchange, frame, algorithm, software.

С развитием производства и нарастанием мощности производственных предприятий возникает необходимость разработки автоматизированных систем управления, сбора данных и прочих систем АСУ ТП. Часто при внедрении комплексов автоматизированных систем стенд управления находится на достаточно большом расстоянии от места проведения производственных работ. Для передачи данных на расстояния необходимо использовать сетевые интерфейсы. Интерфейсы должны обладать следующими техническими возможностями:

- обладать высокой скоростью передачи;
- обеспечивать наименьшие потери при передаче;

- быть помехозащищенными;
- иметь легкость в монтаже;
- быть легкопрограммируемыми.

Применение интерфейса RS-485

Протокол связи RS-485 является наиболее широко используемым промышленным стандартом и имеет двунаправленную сбалансированную линию передачи. Протокол поддерживает многоточечные соединения, обеспечивая создание сетей с количеством узлов до 32 и передачу на расстояние до 1200 м. Стандарт RS-485 поддерживает полудуплексную связь. Для передачи и приема данных достаточно одной витой пары проводников. Физическая реализация интерфейса RS-485 состоит из приемопередатчика и подключенных с помощью витой пары устройств [3].

В автоматизированном стенде испытания нефтяных электронасосов (далее – стенд) используется приемопередатчик AC4 фирмы Owen, также его называют преобразователь интерфейса. Приемопередатчик является преобразователем сигналов интерфейса USB и RS-485, так как подключение приемопередатчика осуществляется по USB. Его особенности включают в себя:

- питание от шины USB, что не требует дополнительного питания;
- возможность управления встроенными согласующими резисторами, что дает возможность путем регулировки избегать помех при передаче сигналов;
- автоматическое определение направления передачи, реализованное нижним уровнем с помощью драйверов, входящих в комплект;
- при подключении к ПК приемопередатчик определяется как виртуальный COM-порт, что является достоинством при работе в системах АСУ ТП, системах сбора, обработки и выдачи информации реального времени [2].

Схема приемопередатчика представлена на рис. 1.

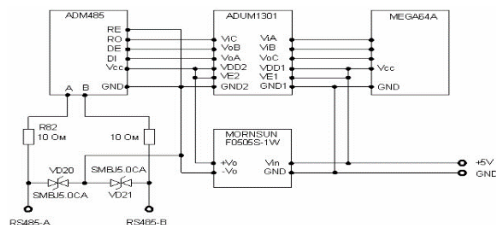


Рис. 1. Приемопередатчик Owen AC4

На стенде используются следующие приборы:

- расходомер «Взлет ЭМ»;
- регулятор температуры ТРМ 101;
- мультиметр трехфазный Omix P99-M-3.0.5;
- телемеханика ТМС-Э5.

Обмен ПК с этими устройствами осуществляется через преобразователь интерфейса Owen AC4. Так как сам интерфейс определяет лишь физический уровень, ему нужно управляющее воздействие, которое формирует программное обеспечение высокого уровня. Программное обеспечение инициирует передачу и осуществляет прием данных по сети.

Схема коммутации устройств по интерфейсу RS-485 представлена на рис. 2.

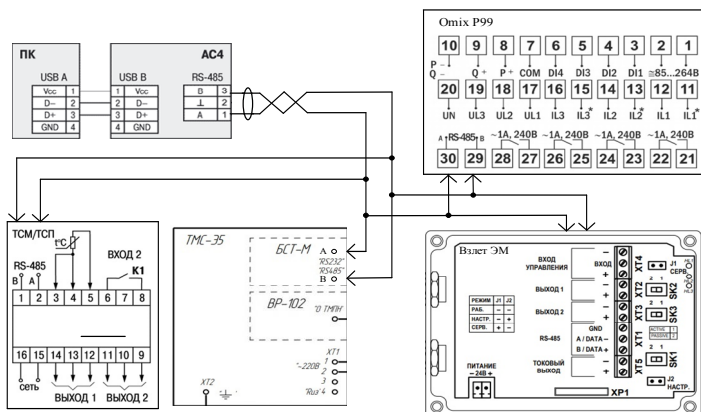


Рис. 2. Схема коммутации устройств

Программирование интерфейса RS-485

Для передачи данных по интерфейсу RS-485 необходимо настроить порт передачи. Для этого необходимо согласовать параметры передачи между программой и устройствами в сети:

- имя порта – в стенде порт именуется COM4;
- скорость передачи – в стенде используется 115200 б/с;
- количество бит данных – 8 бит;
- контроль четности – без бита четности;
- количество стоп-бит – 1 стоп-бит.

Все остальные параметры для передачи имеют значение «по умолчанию» во всех устройствах.

Программная реализация передачи данных по интерфейсу RS-485 на языке высокого уровня – это формирование кадра (фрейма) запроса на устройство, а также прием данных с устройства. Передача осуществляется побайтно, в стенде применен протокол передачи MODBUS с пакетом RTU. Формат кадра послышки представлен на рис. 3. [1]

Адрес	Функция	Нач. кадр НВ	Нач. кадр ЛВ	Кол-во слов НВ	Кол-во слов ЛВ	CRC НВ	CRC ЛВ
-------	---------	-----------------	-----------------	-------------------	-------------------	-----------	-----------

Рис. 3. Формат кадра послышки

Каждое поле кадра заполняется шестнадцатеричными значениями, отвечающими за свои функции. Далее представлен листинг программы, разбитый на отдельные функциональные блоки по смыслу.

В ответ от устройства приходит кадр с данными, кадр ответа представлен на рис. 4.

Адрес	Функция	Кол-во принятых байт	Данные НВ	Данные ЛВ	CRC НВ	CRC ЛВ
-------	---------	----------------------	--------------	--------------	-----------	-----------

Рис. 4. Формат кадра ответа

Первый блок

Создание используемых переменных.

```
byte[] Vzlet = new byte[8]; //массив байт из 8 символов для расходомера
byte[] Omix = new byte[8]; //для мультиметра
byte[] TMS = new byte[8]; //для телемеханики
public OWEN_IO Owen = new OWEN_IO(4); //Создание переменной класса OWEN_IO
public static float Val = 0; //Переменная для записи значений температуры
public int res = 0; //Переменная результата запроса температуры
public bool Select = 1; //Выбор группы опроса регистров TMC
public int numberdevice = 1; //начальный номер устройства
public int countdevice = 4; //общее количество устройств
public int devicevzlet = 1; //номер расходомера
public int devicetrm = 2; //номер регулятора температуры
public int devicetms = 3; //номер TMC
public int deviceomix = 4; //номер мультиметра
```

Второй блок

Заполнение массива для передачи. Каждое поле кадра отвечает за свои функции.

- Поле адреса – это уникальный адрес устройства в текущей сети, по этому адресу ПК обращается к устройству. Допустимый диапазон от 1 до 247. Индекс 0.

- Функция, означает выполняемое действие, в стенде используется только функция чтения данных. Индекс 1.
- Начальный адрес, состоит из 2 байт – старшего и младшего. Адрес, с которого начинается чтение регистров. Индекс 2, 3.
- Количество слов, состоит из 2 байт, старшего и младшего. Задаёт количество запрашиваемых байт данных. Индекс 4, 5.
- Контрольная сумма, состоит из 2 байт – старшего и младшего. Она используется для контроля целостности передачи. Индекс 6, 7.

```

if (Select == 1) { //выбор первого набора регистров
TMS [0] = 0x03; TMS [1] = 0x04; TMS [2] = 0x01; TMS [3] = 0x02; //заполнение кадра
TMS [4] = 0x00; TMS [5] = 0x20; TMS [6] = TMS [7] = 0x00; } //для телемеханики
else { //выбор второго набора регистров
TMS [0] = 0x03; TMS [1] = 0x04; TMS [2] = 0x01; TMS [3] = 0x1A;
TMS [4] = 0x00; TMS [5] = 0x17; TMS [6] = TMS [7] = 0x00; }
Vzlet [0] = 0x01; Vzlet [1] = 0x04; Vzlet [2] = 0xC0; Vzlet [3] = 0x08; //заполнение
Vzlet [4] = 0x00; Vzlet [5] = 0x04; Vzlet [6] = Vzlet [7] = 0; //кадра для расходомера
Omix [0] = 0x04; Omix [1] = 0x04; Omix [2] = 0x00; Omix [3] = 0x1E; //заполнение
Omix [4] = 0x00; Omix [5] = 0x0E; Omix [6] = Omix [7] = 0; //кадра для мультиметра

```

Третий блок

В этом блоке представлен алгоритм отправки кадра.

Для отправки запроса на устройства используется метод выдачи данных на COM-порт serialPort1.Write(данные, начальное значение, количество). И метод проверки состояния COM-порта serialPort1.Open(). Алгоритм отправки представлен ниже.

```

if (++numberdevice > countdevice) device = 1; //Счетчик количества устройств
if (numberdevice == devicevzlet) { //Выбор устройства обмена
if (!serialPort1.IsOpen) serialPort1.Open(); //Открытие порта, если закрыт
CRC(Vzlet, 6, crc); Vzlet[6] = crc[1]; Vzlet[7] = crc[0]; serialPort1.Write(Vzlet, 0, 8); }
//Вызов расчета контрольной суммы, и отправка данных в порт.
if (numberdevice == devicetms) {
if (!serialPort1.IsOpen) serialPort1.Open();
CRC(TMS, 6, crc); TMS[6] = crc[1]; TMS[7] = crc[0]; serialPort1.Write(TMS, 0, 8); }
if (numberdevice == deviceomix) {
if (!serialPort1.IsOpen) serialPort1.Open();
CRC(Omix, 6, crc); Omix[6] = crc[1]; Omix[7] = crc[0]; serialPort1.Write(Omix, 0, 8); }

```

Для обмена данными с регулятором температуры разработана пользовательская библиотека owen_io.dll, в которой описаны функции обмена. Запрос на обмен вызывается методом ReadFromDevice (адрес, функция, переменная). Функция PV запрашивает заданную температуру, SP – текущую. Метод ReadFromDevice возвращает значение: 0 – ответ получен, другое значение – ошибка.

```

if (numberdevice == deviceotrm) {
Owen.Open();
res = Owen.ReadFromDevice(2, "PV", ref Val); //Запрос параметров
if (res == 0) DelegateOutText(TempOut1, Val); //вывод на экран
res = Owen.ReadFromDevice(2, "SP", ref Val);
if (res == 0) DelegateOutText(TempOut2, Val);
Owen.Close(); }

```

Для вычисления контрольной суммы используется следующий алгоритм:

```

public void CRC(byte[] data, int kol, byte[] crc) {
ushort CRCFull = 0xFFFF;
byte CRCLSB;
for (int i = 0; i < kol; i++) {
CRCFull = (ushort)(CRCFull ^ data[i]);
for (int j = 0; j < 8; j++) {
CRCLSB = (byte)(CRCFull & 0x0001);
CRCFull = (ushort)((CRCFull >> 1) & 0x7FFF);
if (CRCLSB == 1)
CRCFull = (ushort)(CRCFull ^ 0xA001); } }
crc[0] = (byte)((CRCFull >> 8) & 0xFF); crc[1] = (byte)(CRCFull & 0xFF); }

```

Четвертый блок

Блок приема ответа от устройств. Это функция, вызываемая при событии от COM-порта. Принятый кадр имеет поля:

- адрес, от которого принят ответ. Индекс 0;
- функция, выдает код ответа устройства. Индекс 1;
- количество принятых байт данных. Индекс 2;
- данные, каждый принятый параметр имеет длину в 2 байта. Индекс 3, 4 ... n , $n + 1$;
- контрольная сумма, 2 байта.

Алгоритм обработки принятых данных представлен ниже:

```

float RezVzlet = 0; //Результат преобразования, показания расходомера
float data = 0; //Первичные данные принятые в буфер
byte[] buf = new byte[60]; //буфер типа Байт
double[] datarecieved = new double[60]; //Массив приема данных
int a = serialPort1.Read(buf, 0, 60); //заполнение буфера принятыми данными
if (a > 0) { //Проверка на прием данных в буфер
if (buf[0] == 0x01) { //Проверка на адрес приема
data = (((((buf[3] * 256 + buf[4]) * 256) + buf[5]) * 256) + buf[6]);
if (data < 0) data = -data; // Преобразование в формат float
float Por = buf[3] & 0x7F; Por = Por << 1; Por -= 127;
if ((buf[4] & 0x80) == 0x80) Por++;
float bb = Math.Pow((float)2, (float)Por);
float Mant = 1;
float ff = data & 0x7FFFFFFF;

```

```

float ss = (float)ff;
ss /= (float)(0x800000); Mant += ss; bb *= Mant; bb /= 16.6; bb *= 24;
RezVzlet = bb; }
if (buf[0] == 0x03) { //Проверка на адрес приема
if (Select == 1) {
for (i = 0, j = 3; i < 2; i++, j += 2) //Поочередный перебор принятых параметров
datarecieved[i] = buf[j] * 256 + buf[j + 1]; //Запись параметров в массив
DelegateOutText(TMS1, datarecieved[i]); //Вывод данных на экран, в целях экономии мес-
та, показан вывод только первой переменной.
Select = 0; } //переключение на 2 группу регистров
else {
for (i = 0, j = 3; i < 2; i++, j += 2) //Поочередный перебор принятых параметров
datarecieved[i] = buf[j] * 256 + buf[j + 1]; //Запись параметров в массив
DelegateOutText(TMS2, datarecieved[i]);
Select = 1; } } //Переключение на первую группу регистров
if (buf[0] == 0x04) { //Проверка на адрес приема
for (i = 0, j = 3; i < 2; i++, j += 2) //Поочередный перебор принятых параметров
datarecieved[i] = buf[j] * 256 + buf[j + 1]; //Запись параметров в массив
DelegateOutText(Omix1, datarecieved[i]); //Вывод данных на экран, в целях экономии
места, показан вывод только первой переменной.

```

На рис. 5 представлен скриншот из графического интерфейса работы стенда при испытаниях электронасоса.

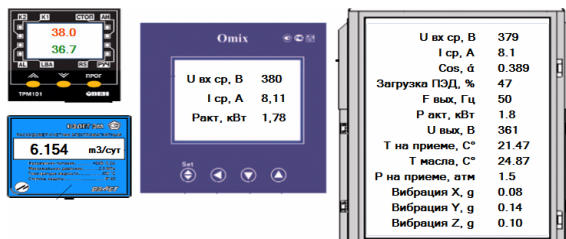


Рис. 5. Графический вывод параметров на экран

Список литературы

1. Эшкардин, В. RS-485 – рекомендованный стандарт электрических характеристик генераторов и приемников для использования в балансных многоточечных система // SoftElectro, 2009 : Электронный ресурс локального доступа (CD)
2. Преобразователь интерфейса AC4 [Электронный ресурс]: Руководство по эксплуатации. Электронные данные. М. : 1 эл. документ (pdf).
3. Описание стандарта RS-485. Орел : ОрелГТУ, 2014.
URL: <https://studfiles.net/preview/880815/> (дата обращения: 10.02.2018).

А. И. Кириллов
М. П. Кожевников, магистрант
Лаборатория информационно-измерительных систем
Институт механики УдмФИЦ УрО РАН, Ижевск
Т. Е. Шелковникова, магистрант
Кафедра «Вычислительная техника»
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Особенности выделения и преобразования измерительной информации в электрометрическом комплексе для диагностики твердых тканей зубов

Рассмотрен электрометрический способ диагностики кариозных поражений твердых тканей зубов в качестве перспективного метода. Приведена эквивалентная схема биологической ткани и структурная схема разработанного электрометрического комплекса. Обоснован выбор аналого-цифровых преобразователей для разработанной системы, приведен алгоритм работы с таким преобразователем.

Ключевые слова: электропроводность, биологическая ткань, твердые ткани зуба, аналого-цифровой преобразователь, сигнальный процессор.

А. I. Kirillov
M. P. Kozhevnikov, Master Student
Laboratory of Information Measuring Systems
Institute of Mechanics Ural Branch of the RAS, Izhevsk
T. E. Shelkovnikova, Master Student
Department of Computer Engineering
Kalashnikov ISTU

Features of the isolation and transformation of measurement information in the electrometric complex for the diagnosis of hard tooth tissues

The article proposes an electrometric method of diagnostics carious lesions of hard tooth tissues as a promising method. An equivalent scheme of biological tissue and a structural diagram of the developed system are shown. The choice of analog-to-digital converters for the developed system is substantiated, and the algorithm for working with such a converter is shown.

Keywords: electrical conductivity, biological tissue, hard tooth tissues, analog-digital converter, signal processor.

В настоящее время для диагностики твердых тканей зуба используются различные методы диагностики: лазерная, электрометрическая, ультразвуковая диагностики, рентгенологическое исследование и электроодонтодиагностика [1–3]. Электрометрическая диагностика по сравнению с другими методами обладает рядом преимуществ: метод измерения относительно простой, устройство состоит из недорогих комплектующих и не оказывает побочных воздействий на полость рта пациента. Такая диагностика основывается на том, что при развитии кариозного процесса в твердых тканях зуба их электропроводность возрастает [4, 5]. Применяемые в РФ электрометрические измерительные устройства («СТИЛ» и «ДентЭст») не позволяют регистрировать часть важных параметров и имеют низкую точность при измерении малых токов [2, 6]. Таким образом, разработка электрометрического программно-аппаратного комплекса (ЭПАК) для диагностики твердых тканей зубов с учетом особенностей протекания тока через твердые ткани зуба является актуальной задачей.

При этом необходимо отметить, что в полости рта пациента может возникать разность потенциалов порядка 60 мВ [7]. Кроме того, существенный вклад в электропроводность твердых тканей зубов и биологической ткани вносит емкость C мембраны клеток (рис. 1) [8].

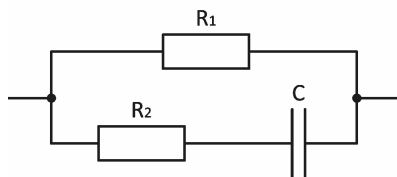


Рис. 1. Эквивалентная схема биологической ткани: R_1 и R_2 – сопротивления межклеточной и внутриклеточной жидкостей соответственно; C – емкость мембраны клеток

При измерении электропроводности на постоянном токе происходит заряд или разряд емкости C , что может существенно исказить результат измерений, поэтому необходимо применять другие способы измерений: на переменном токе или на постоянном – со сменой полярности электродов.

По сравнению с известными устройствами «СТИЛ» и «ДентЭст» [2, 6] (где измеряется только ток) введение дополнительного измерительного канала контроля напряжения позволит повысить точность измерения электропроводности. Также в разрабатываемом ЭПАК необходим качественный аналоговый тракт и аналого-цифровой преобразователь (АЦП). Для улучшения характеристик аналогового тракта предпочтительнее использовать прецизионные операционные усилители с низкими входным током

и уровнем собственных шумов. Для измерения тока и напряжения целесообразно использование отдельных АЦП (по одному на каждую измеряемую величину). Таким образом, реализуются два независимых канала измерений, что позволит увеличить точность и скорость получения результата.

На рис. 2 приведена структурная схема разработанного ЭПАК, который работает следующим образом. Пассивный и активный электроды (ПЭ и АЭ) размещают в полости рта пациента согласно методике «Электрометрический метод определения электропроводности твердых тканей зубов» (разработанной авторами Ивановой Г. Г. и Леонтьевым В. К.) [5]. Все измерения выполняются под управлением сигнального процессора (СП) в автоматическом режиме. Источник тока (ИТ) задает ограничение тока на уровне 100 мкА, чтобы не вызывать болезненных ощущений у пациента [9]. Но на практике при достижении некоторого максимального выходного напряжения ИТ перестает стабилизировать ток и он начинает уменьшаться; это явление обуславливает введение в схему ЭПАК измерительного канала для тока.

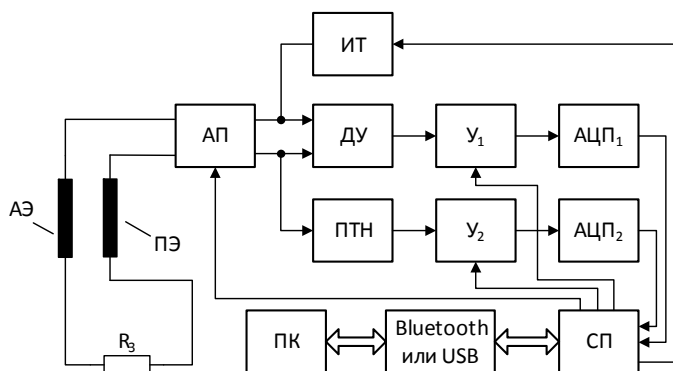


Рис. 2. Структурная схема ЭПАК для диагностики твердых тканей зуба: АЭ и ПЭ – активный и пассивный электроды соответственно; R_3 – нагрузка; АП – аналоговый переключатель; ПК – персональный компьютер; ИТ – источник тока; ДУ – дифференциальный усилитель; ПТН – преобразователь ток-напряжение; U_1 , U_2 – усилители; АЦП₁, АЦП₂ – аналого-цифровые преобразователи; СП – сигнальный процессор)

Таким образом, в ЭПАК сначала осуществляется измерение напряжения U_1 и тока I_1 через первый (дифференциальный усилитель ДУ, усилитель U_1 , аналого-цифровой преобразователь АЦП₁) и второй (преобразователь ток-напряжение ПТН, усилитель U_2 , аналого-цифровой преобразователь АЦП₂) измерительные каналы соответственно. Далее с помощью аналогового переключателя (АП) изменяется полярность электродов и выполняется по-

вторное измерение напряжения U_2 между АЭ и ПЭ и тока I_2 через нагрузку R_3 . Электропроводность твердых тканей зуба вычисляется по формуле

$$\rho_n = \frac{I_1 + I_2}{U_1 + U_2} . \quad (1)$$

По значению электропроводности ρ_n можно определять стадии кариозного процесса: интактная эмаль, предкариозное состояние, начальный кариес, поверхностный кариес, средний кариес или глубокий кариес.

Каналы связи *Bluetooth* или *USB* позволяют передавать накопленные данные из ЭПАК в ПК для дальнейшей обработки.

Для выбора АЦП согласно [2, 6] задаются пределы по току и напряжению: 100 мкА и 5 В. Также необходимо учесть соотношение сигнал – шум АЦП. В таблице приведено сравнение характеристик нескольких АЦП [10–12] и вычислен шаг квантования.

Сравнение АЦП

Наименование	AD7693	AD4003	ADS1250
Разрядность, бит	16	18	20
Соотношение сигнал – шум, дБ	93	100	105
Максимальная скорость выборки, кГц	2000	2000	25
Шаг квантования по току, нА	1,526	0,381	0,095
Шаг квантования по напряжению, мкВ	76,3	19,1	4,8

Из рассмотренных АЦП наиболее перспективным является ADS1250, поскольку он обладает более высокими показателями по соотношению сигнал – шум и разрядности. Также ADS1250 является сигма-дельта АЦП, особенностью которых является наличие встроенного цифрового фильтра с конечной импульсной характеристикой.

На рис. 3 приведена его частотная характеристика при частоте тактового сигнала 19,2 кГц [12], согласно которой АЦП позволяет фильтровать сигнал на частоте 50 Гц. При этом скорость выборки такая же – порядка 50 Гц. Необходимо отметить, что с увеличением скорости выборки частотная характеристика пропорционально смещается вправо.

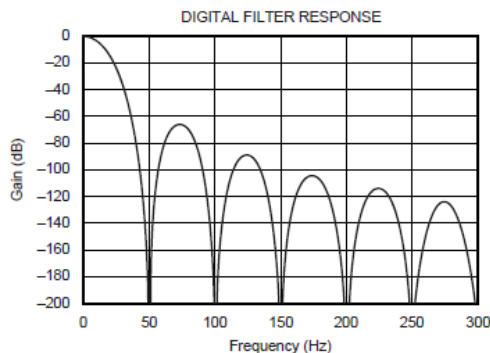


Рис. 3. Частотная характеристика встроенного фильтра АЦП ADS1250

Использование цифрового фильтра требует накопления информации, т. е. фильтр выдает корректный результат только после выполнения N циклов. Согласно [12] количество таких циклов равно 384, или 6 полных конвертаций в АЦП, при этом на 1 конвертацию требуется 64 внешних тактовых импульса. Если на входе происходит существенное изменение аналогового сигнала, необходимо выполнить все 6 конвертаций. Это требование касается разработанного ЭПАК, так как переключатель полярности может значительно изменить аналоговый сигнал на входе АЦП. Поэтому был разработан алгоритм для получения измерительной информации с обоих АЦП (для тока и напряжения).

На рис. 4 приведена осциллограмма работы алгоритма для получения измерительной информации. Запуск и останов АЦП осуществляется подачей тактов на вход CLK . В моменты времени «1», «2», «6» и т. д. (рис. 4) выполняется запуск АЦП. При этом частота переключения полярности $1/T_{\Pi}$ должна быть меньше тактовой частоты CLK .

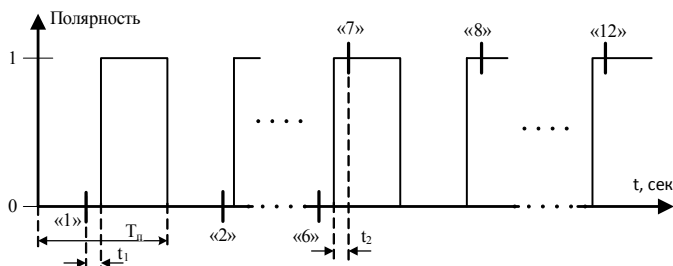


Рис. 4. Осциллограмма работы алгоритма для получения измерительной информации с АЦП

Из-за особенностей протекания тока через ПТН и ИТ после переключения полярности и до запуска АЦП необходимо выполнить задержку (на время t_2). Данная задержка определяется эмпирическим путем. До смены полярности нужно обеспечить завершение работы АЦП (время t_1), т. е. перед снятием данных осуществить задержку в 64 тактовых импульса. Условия обеспечения правильной работы алгоритма описываются следующим выражением:

$$\frac{64}{F_{CLK}} \leq t_1; \quad \frac{1}{T_{\Pi}} \ll F_{CLK}, \quad (2)$$

где F_{CLK} – частота сигнала CLK ; t_1 – длительность задержки перед снятием данных с АЦП; T_{Π} – период переключения полярности.

В целом применение для разработанного электрометрического программно-аппаратного комплекса сигма-дельта АЦП позволило уменьшить уровень помех и повысить точность измерений за счет относительно большой разрядности и встроенного цифрового фильтра. Для обеспечения лучшего помехоподавления возможно использование программных цифровых фильтров на СП. Для повышения качества аналогового тракта целесообразно использовать прецизионные операционные усилители с низким входным током и уровнем собственных шумов. Возможность передачи данных между ЭПАК и ПК позволит использовать разработанный комплекс не только для диагностики твердых тканей зубов, но и для сбора информации и проведения на ее основе научных исследований.

Список литературы

1. Современные подходы к диагностике кариозной болезни / В. Ф. Михальченко, Л. И. Рукавишникова, Н. Н. Триголос, А. Н. Попова. М. : Джангар, 2006. 104 с.
2. Кириллов А. И. Анализ метрологических характеристик электродиагностических аппаратов для диагностики твердых тканей зубов / А. И. Кириллов, Е. Ю. Шелковников, С. Р. Кизнерцев // Ползуновский альманах. 2015. №1. С. 111–114.
3. Горячев Н. А. Современные методы диагностики заболеваний твердых тканей зубов : учеб.-метод. пособие для студентов. Казань : Медицина, 2012. 56 с.
4. Пустовойтова Н. Н. Современные подходы к диагностике кариозной болезни / Н. Н. Пустовойтова, Л. А. Казеко. Минск : БГМУ, 2010. 44 с.
5. Леонтьев В. К. Детская терапевтическая стоматология / В. К. Леонтьев, Л. П. Кисельникова. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2010. 896 с.
6. Николаев А. И. Электроодонтодиагностика / А. И. Николаев, Е. В. Петрова. М. : МЕДпресс-информ, 2014. 40 с.
7. Тимофеев А. А. Гальванические проявления в полости рта / А. А. Тимофеев, А. А. Тимофеев // Стоматолог-практик. 2014. № 2. С. 64–67.

8. *Тихомиров А. М.* Импеданс биологических тканей и его применение в медицине. М. : Изд-во РГМУ, 2006. 12 с.

9. *Кузнецов Б. В.* Справочное пособие заводского электрика / Б. В. Кузнецов, М. Ф. Сацукевич. Минск : Беларусь, 1978. 319 с.

10. Техническая документация на АЦП AD7693 / Analog Devices. URL: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD7693.pdf> (дата обращения: 15.10.2017).

11. Техническая документация на АЦП AD4003 / Analog Devices. URL: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD4003-4007-4011.pdf> (дата обращения: 15.10.2017).

12. Техническая документация на АЦП ADS1250 / Texas Instruments. URL: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ads1250.pdf> (дата обращения: 15.10.2017).

Е. Ю. Шелковников, доктор технических наук, профессор

А. И. Кириллов

Лаборатория информационно-измерительных систем

Институт механики УрО РАН, Ижевск

А. В. Матросов, магистрант

Кафедра «Вычислительная техника»

ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

Автоматизированная система сбора, обработки и хранения измерительной информации в электрометрическом комплексе для диагностики твердых тканей зубов

Рассмотрен способ взаимодействия электрометрической информационно-измерительной системы с системой управления базы данных. Приведена структура системы, описаны методы обмена данными между локальным персональным компьютером и мобильным устройством с операционными системами Windows и Android соответственно.

Ключевые слова: электрометрия, твердые ткани зуба, программное обеспечение, база данных, PHP-скрипт, кроссплатформенность, локальная сеть.

E. Yu. Shelkovnikov, DSc in Engineering, Professor

A. I., Kirillov

Laboratory of Information Measuring Systems

Institute of Mechanics Ural Branch of the RAS, Izhevsk

A. V. Matrosov, Master Student

Department of Computer Engineering

Kalashnikov ISTU

Automated system for the collection, processing and storage of measurement information in the electrometric complex for the diagnosis of hard tooth tissues

In this article the method of interaction electrometric information-measuring system with database management system is presents. Also in article presents structure of the system, and describes the methods of data exchange between a local personal computer and a mobile device with Windows and Android operating systems, respectively.

Keywords: electrometry, hard tooth tissues, software, database, PHP-script, cross-platform, local network.

В настоящее время для диагностики твердых тканей зуба используются различные методы: рентгеноскопия, лазерная, электрометрическая, ультра-

звуковая диагностики и электроодонтодиагностика [1–7]. Электрометрическая диагностика обладает рядом особенностей, что в совокупности дает ей существенные преимущества перед другими способами: относительно простой метод, комплектующие для изготовления устройства имеют более низкую стоимость; также метод не оказывает побочного воздействия на полость рта пациента. Выполнение только измерений с помощью известного аппарата «ЭДЗ-1» [2] без автоматизированного сбора статистических данных (СД) повышает трудоемкость их накопления. Введение новой более совершенной методики измерения электропроводности твердых тканей зубов требует сбора СД. Эти данные позволят выполнять калибровку соответствия «значение электропроводности – диагноз кариозного процесса», а также вычислять прогноз кариозного процесса. Таким образом, разработка автоматизированной системы (АС) для хранения и обработки измерительной информации является актуальной задачей.

В качестве основного устройства для хранения и обработки данных целесообразно использовать сервер с базой данных (БД) (например, на базе персонального компьютера (ПК)). В дальнейшем возможен переход на более производительный компьютер. Для удобства применения разрабатываемой автоматизированной системы передача данных в БД должна осуществляться через персональные компьютеры и мобильные устройства (МУ) (смартфон, планшет), так как электрометрическая информационно-измерительная система (ЭИИС) не имеет возможности непосредственно подключаться к БД. Следует отметить, что ПК на базе операционной системы (ОС) *Windows* предоставляет широкие возможности для работы с графической информацией. Применение мобильных устройств позволит осуществить экономию на относительно дорогих стационарных ПК. Наибольшую популярность среди МУ имеют гаджеты на базе ОС *Android* [8]. Для работы этих устройств необходима локальная сеть. Таким образом, определены требования к аппаратной части АС: наличие сервера, локальной сети с *Wi-Fi* (для МУ), ПК (1 и более) и МУ.

На рис. 1 приведена структурная схема разработанного электрометрического комплекса, состоящая из ЭИИС и АС хранения и обработки данных.

Взаимодействие АС и ЭИИС осуществляется следующим образом. На начальном этапе производится измерение электропроводности твердых тканей зубов у пациентов и автоматическое накопление данных в память устройства (например, в течение рабочего дня). На следующем этапе врач-стоматолог подключает ЭИИС к серверу БД посредством ПК или МУ для сохранения данных в единый центр. Также указывается информация о пациентах (ФИО, возраст, пол и т. д.). Это позволит проводить, например, корреляционный анализ между группами пациентов по возрасту или полу.

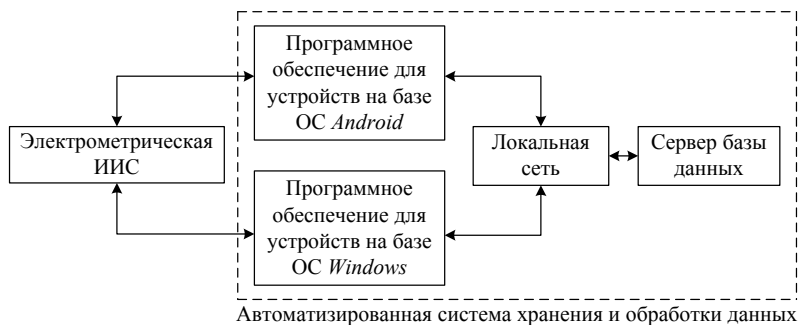


Рис. 1. Структурная схема электрометрического комплекса

Рассмотрим более подробно состав программного обеспечения (ПО). Преимуществом локальной сети является ее масштабируемость, т. е. можно увеличить число ПК и МУ в системе для подключения большого количества ЭИИС.

На рис. 2 изображена структурная схема АС. Для связи с ЭИИС используется *USB*-кабель или *Bluetooth*. При этом подключение к ЭИИС осуществляется как к обычному *COM*-порту. В качестве дополнительной используется информация о пациентах. Для уменьшения вычислительной нагрузки на ПК или МУ обработка данных ведется на сервере. В качестве статистической обработки возможно вычисление полинома n -й степени методом наименьших квадратов. Это позволяет получить краткосрочный прогноз кариозного процесса конкретного зуба.

Для обеспечения кроссплатформенности на сервере задействован *PHP*-скрипт (рис. 2), который является связующим звеном между БД и программой на удаленном устройстве (на ПК или МУ).

На рис. 3 приведена схема обмена данными через *PHP*-скрипт. В качестве системы управления БД (СУБД) выбрана *MySQL*.

Рассмотрим взаимодействие между программой на удаленном устройстве и сервером с БД *MySQL* более подробно [9, 10]. Информация, полученная от ЭИИС и введенная пользователем (информация о пациентах), передается на сервер в виде *GET*-запроса, который выглядит следующим образом:

$$http://\text{"адрес_сервера"}/\text{"имя_скрипта"}.php/\text{"параметр1"}=\text{"значение1"}\&\text{"параметр2"}=\text{"значение2"}.$$

Передаваемых параметров может быть достаточно много, и существует только одно ограничение – на длину *GET*-запроса, т. е. строки. После получения *GET*-запроса сервер обрабатывает строку и передает *PHP*-скрипту

параметры и их значения. *PHP*-скрипт соединяется с БД и передает в нее *SQL*-запрос. После получения *SQL*-выборки из БД *PHP*-скрипт, используя метод *json_encode*, конвертирует полученные данные в *JSON*-массив и отправляет его (в виде ответа) программе на удаленном устройстве. Поскольку ответ приходит тоже в виде строки, то нужно выполнить синтаксический разбор. Для этого используются библиотеки, входящие в набор среды разработки ПО. Преимуществом *JSON*-массива является ее простая масштабируемость (т. е. можно добавлять новые типы передаваемых данных без искажения старых). После синтаксического разбора данные выводятся на дисплей (рис. 2) в виде таблиц и графиков.

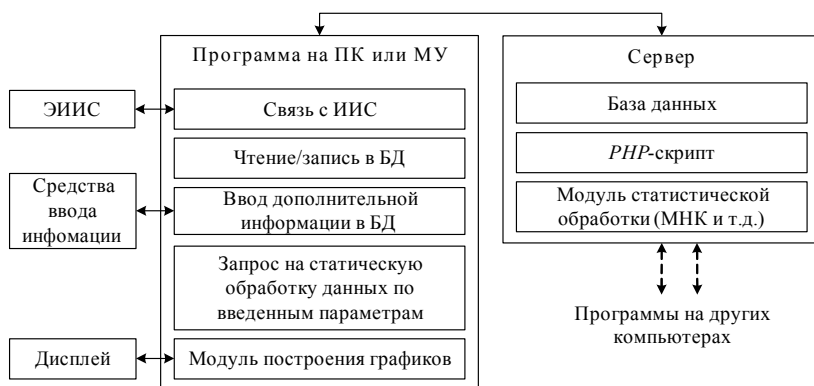


Рис. 2. Структурная схема автоматизированной системы

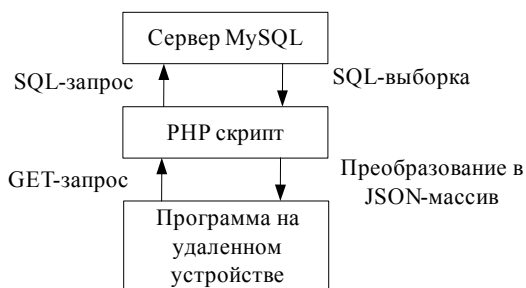


Рис. 3. Обработка запроса для удаленного устройства (ПК или МУ)

На рис. 4 и 5 приведены скриншоты программы для ПК и МУ соответственно.

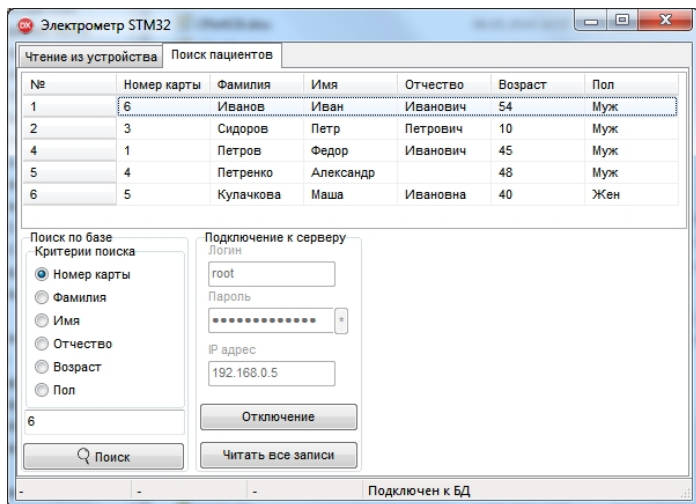


Рис. 4. Скриншот программы для ПК

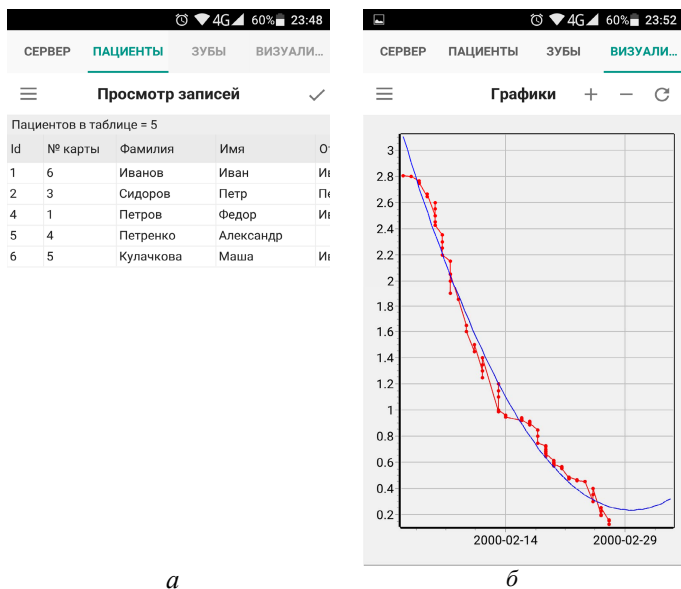


Рис. 5. Скриншот программы для МУ

Из их анализа следует, что данные в таблице с пациентами (рис. 5, а) совпадают, и это свидетельствует о работоспособности программ. На рис. 5, б показан исходный график и описывающий его полином второго порядка, полученный с использованием метода наименьших квадратов. В данном случае использовались сгенерированные тестовые данные. Тестирование выполнялось в локальной сети с *Wi-Fi* для работы с МУ. При этом на ПК использовалась ОС *Windows 7 x64*, а на МУ – ОС *Android 5.1* и *6.0*. Сервер также был запущен на локальном ПК с ОС *Windows 7 x64*.

Для обеспечения надежности хранения данных на сервере настроен планировщик задач, который запускает программу копирования файла с БД на другой носитель (жесткий диск или флеш-накопитель) в назначенное время. Такой подход позволяет восстановить БД из резервной копии в случае повреждения основного файла БД.

Таким образом, разработанная система сбора, обработки и хранения информации позволяет в автоматизированном режиме передавать накопленную информацию из ЭИИС в БД, выводить данные в виде таблиц, графиков и осуществлять научные исследования. Необходимо отметить, что использование сети Интернет позволяет снять ограничения локальных сетей и использовать единую БД для сбора статистических данных с нескольких медицинских учреждений. Для обеспечения безопасности передачи данных через интернет возможно использование *https*-сертификатов. Применение метода наименьших квадратов к накопленным данным позволяет получить краткосрочный прогноз кариозного процесса конкретного зуба. За счет использования БД и *SQL*-запросов возможна доработка алгоритма статистического анализа данных, что позволит осуществлять прогноз на более длительный срок.

Список литературы

1. Горячев Н. А. Современные методы диагностики заболеваний твердых тканей зубов : учеб.-метод. пособие для студентов. Казань : Медицина, 2012. 56 с.
2. Кириллов А. И. Анализ метрологических характеристик электродиагностических аппаратов для диагностики твердых тканей зубов / А. И. Кириллов, Е. Ю. Шелковников, С. Р. Кизнерцев // Ползуновский альманах. 2015. № 1. С. 111–114.
3. Современные подходы к диагностике кариозной болезни / В. Ф. Михальченко, Л. И. Рукавишникова, Н. Н. Триголос, А. Н. Попова. М. : Джангар, 2006. 104 с.
4. Лазерная флуоресцентная диагностика в медицине, пищевой промышленности, экологии / М. Т. Александров, А. А. Воробьев, Е. П. Пашков, М. В. Филатов, И. М. Мищенко, Г. В. Багранова // Электроника. Наука. Технология. Бизнес. М. : Техносфера. 2003. № 3 (45). С. 54–59.
5. Махкамова Ф. Т. Современный взгляд на распространенность, возможность ранней диагностики кариеса зубов у детей // SCI-ARTICLE.RU [Сайт].

URL: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1506601085> (дата обращения: 06.11.2017).

6. *Рубин Л. П.* Электроодонтодиагностика. М. : Медицина, 1976. 135 с.

7. *Николаев А. И.* Электроодонтодиагностика / А. И. Николаев, Е. В. Петрова. М. : МЕДпресс-информ, 2014. 40 с.

8. Рейтинг мобильных операционных систем : сайт об IT для пользователей и энтузиастов 2017. URL: <http://www.itrew.ru/windows/rejting-operacionnykh-sistem-iyun-2017.html> (дата обращения: 21.11.2017).

9. Подключение к MYSQL при помощи android API и json. URL: <https://sohabr.net/habr/post/241207/> (дата обращения: 21.11.2017).

10. Подключение к MYSQL Delphi : справочная информация по функциям Delphi.

URL: http://docwiki.embarcadero.com/CodeExamples/Tokyo/en/FireDAC.MySQL_Sample (дата обращения: 21.11.2017).

Электронное научное издание

«ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В НАУКЕ, ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ОБРАЗОВАНИИ»

Сборник трудов
региональной научно-технической конференции
(Ижевск, 31 мая 2018 г.)

Адрес в информационно-телекоммуникационной сети:
http://istu.ru/news/nauka/konferenciya-informacionnye-tehnologii-v-nauke-promyshlennosti-i-obrazovanii-1/ITNPO_Conference-2018.pdf

Дата размещения на сайте 01.11.2018

Технический редактор *С. В. Звягинцова*
Корректор *Я. В. Олина*
Верстка *Я. В. Олиной*
Дизайн обложки *К. Сабура*

Подписано к использованию 23.10.18. Объем 15,8 Мб
Уч.-изд. л. 12,98. Заказ № 330
Издательство Ижевского государственного технического университета
имени М. Т. Калашникова
426069, Ижевск, Студенческая, 7