

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

СЕМЬДЕСЯТ ВТОРАЯ
МЕЖДУНАРОДНАЯ СТУДЕНЧЕСКАЯ
НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ГУАП

Часть 2

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Сборник докладов
15–19 апреля 2019 г.



УДК 001
ББК 72
С30

С30 Семьдесят вторая международная студенческая научная конференция ГУАП: сб. докл. В 4 ч. Ч. 2. Технические науки. СПб.: ГУАП., 2019. 324 с.
ISBN 978-5-8088-1392-2 (Ч. 2)
ISBN 978-5-8088-1390-8

Представлены доклады Семьдесят второй международной студенческой научной конференции ГУАП, прошедшей в апреле 2019 г.

Научные работы студентов ГУАП посвящены актуальным проблемам авиационного и аэрокосмического приборостроения, проблемам развития новых информационных технологий, радиотехники, электроники и связи, современным проблемам экономики, философии и права.

Под общей редакцией
доктора технических наук, профессора
В. Ф. Шишлакова

Редакционная коллегия:

А. Р. Бестугин, доктор технических наук, профессор

В. М. Боер, доктор юридических наук, профессор

А. С. Будагов, доктор экономических наук, доцент

К. В. Лосев, доктор экономических наук, доцент

Н. Н. Майоров, кандидат технических наук, доцент

И. А. Павлов, кандидат военных наук, доцент

Е. Г. Семенова, доктор технических наук, профессор

М. Б. Сергеев, доктор технических наук, профессор

А. М. Тюриков, доктор технических наук, профессор

Ответственный секретарь редакционной коллегии *Л. И. Корнеева*

ISBN 978-5-8088-1392-2 (Ч. 2)
ISBN 978-5-8088-1390-8

© Санкт-Петербургский государственный
университет аэрокосмического
приборостроения, 2019

РАДИОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОНИКА И СВЯЗЬ

Радиотехнические системы

УДК 534(204.1)

А. А. Ашмарин

магистрант кафедры радиотехнических систем

Ю. А. Корнеев – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ПРИНЦИПЫ И ТЕХНОЛОГИИ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОХРАНЫ ВОДНОГО РАЙОНА

Гидроакустические системы, использовавшиеся в начале исключительно для измерения глубины, в настоящее время применяются для решения широкого круга задач, приведенных на схеме 1. Системы, разработанные для решения таких задач, доступны в нескольких моделях, которые можно приобрести у различных фирм.



Рис. 1. Схема сфер применения гидроакустических систем

В настоящее время из-за угроз террористических и диверсионных акций на судах в портах и прибрежных экономических объектах возросла потребность в новейших системах охраны со стороны акваторий. Простейшее из требований, предъявляемых к системе наблюдения, заключается в том, что она должна обнаружить появление любого постороннего объекта в зоне наблюдения. Система охраны должна показывать местонахождение этого объекта, направление, скорость его движения, а также классифицировать его. По данным об изменениях положения цели, рассматриваемым как функция времени, можно получить сведения о направлении и скорости движения цели.

Все гидроакустические системы делятся на активные и пассивные. ГАС являются активными, если в антенной системе имеется излучатель, который специально генерирует звуковые колебания. Во многих излучатель и приемник совмещены с целью снижения габаритов и стоимости антенны [1].

Звуковые колебания, создаваемые излучателем, распространяются в воде и, достигнув объекта, возвращаются в виде эхо-сигналов к приемной антенне. В пассивных системах применяются звуковые колебания, излучаемые самой целью. При таком методе работы ГАС звук движется только в одном направлении – от его источника к приемной антенне [2].

В свою очередь все пассивные и активные гидроакустические системы классифицируются по способу обзора акватории. Данная классификация приведена на рис. 2–3.

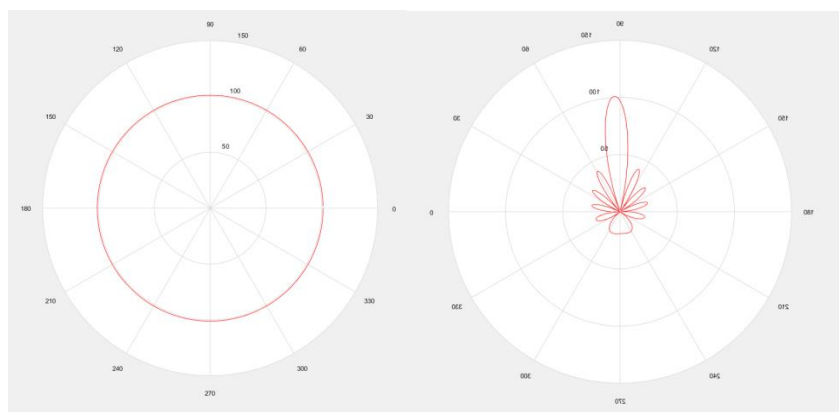


Рис. 2. Круговой и секторальный обзор акватории

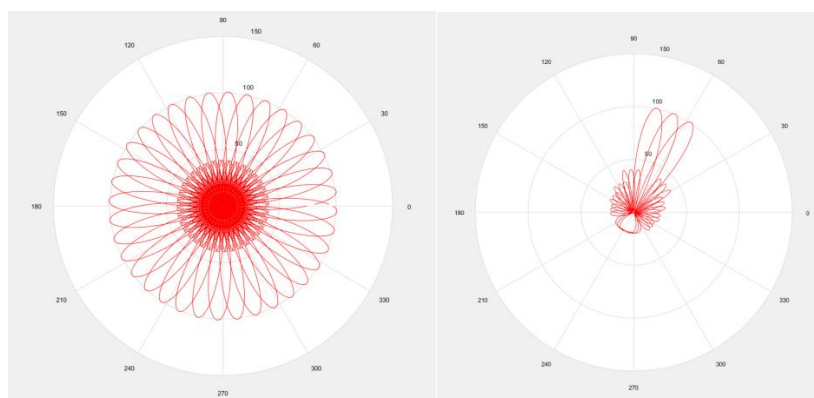


Рис. 3. Шаговый и секторно-шаговый обзор акватории

Наравне с различными видами обзора акватории в гидроакустике существует несколько видов пеленгования. Под пеленгованием понимают определение направления прихода звуковых волн, переизлучаемых или же излучаемых подводным объектом. Способы, применяемые в акустике, отображены на рис. 4.



Рис. 4. Схема способов пеленгования в гидроакустике

Первым в гидроакустике появился биноуральный метод, основанный на возможности человеческого уха замечать неоднородность прихода акустического сигнала.

Следующим методом является максимальный метод. При использовании данного метода наблюдают за изменением напряжения сигнала на выходе акустической антенны. Данный метод прост своей технической реализацией, но неточен. Более высокую точность обеспечивают фазовый и фазо-амплитудный методы [3, 4].

Для охраны объектов со стороны акваторий применяются активные системы. Вода плохо пропускает электромагнитные волны любых диапазонов. Единственный вид излучения, хорошо распространяющийся в воде, – это звук. Звук в воде распространяется не прямолинейно, и траектория лучей напрямую зависит от температуры и солености воды. Малошумную, малоразмерную цель в толще воды можно обнаружить только активными гидроакустическими средствами.

Такие системы включают в себя блоки для реализации группы алгоритмов первичной и вторичной обработки сигналов.

Алгоритмы первичной, или пространственно-временной, обработки сигналов увеличивают отношение сигнал/шум, порог обнаружения полезных сигналов. Затем эта информация поступает на вход алгоритмов вторичной обработки. Первичная обработка призвана формировать характеристики направленности антенны и выполнять временную обработку сигналов.

В процессе временной обработки происходит частотная фильтрация сигналов, их детектирование и последетекторное накопление.

На конце тракта временной обработки устанавливается пороговое устройство, определяющее преобладание сигналом заданного порога.

В результате первичной обработки принимается решение о наличии полезного сигнала в смеси принимаемого сигнала и помехи.

При принятии решения используются различные критерии (Неймана – Пирсона, Вальда, Байеса и др.).

Алгоритмы вторичной обработки сигналов работают уже не с принятыми антенной сигналами, а с информацией о фактах обнаружения сигналов. Основными задачами алгоритмов вторичной обработки являются: классификация объектов, определение их координат, формирование трасс движения целей и их анализ. Аппаратура вторичной обработки должна подготовить данные для вывода в систему отображения информации и прочие внешние системы.

Подсистема обнаружения должна функционировать постоянно, что предъявляет повышенные требования к ее надежности и электропотреблению.

Активный метод обнаружения обладает очень серьезным недостатком. Система демаскирует себя излучаемыми звуковыми колебаниями, тем самым есть риск ее уничтожения. Именно поэтому для охраны водных районов стали комплексовать активные и пассивные системы, тем самым устраняя основные их недостатки.

Библиографический список

1. Урик Р. Д. Основы гидроакустики / Пер. с англ. Л.: Судостроение, 1978. 448 с.
2. Сташкевич А. П. Акустика моря. Л.: Судостроение, 1966. 359 с.
3. Хортон Д. У. Основы гидролокации / Пер. с англ. Л.: Судпромгиз, 1961. 484 с.
4. Сергеев А. Н. Радиоэлектроника под водой. Л.: Энергия, 1971. 144 с.

УДК 621.396.969.3

И. И. Гилевский

магистрант кафедры радиотехнических систем

Ю. А. Корнеев – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ОБЗОР МЕТОДОВ РАДИОЛОКАЦИОННОГО РАСПОЗНАВАНИЯ

В задачах радиолокационного распознавания основной проблемой является привязка к распознаваемым целям. Большая часть методов, используемых, например, при распознавании летательных аппаратов (ЛА), не подходит при использовании их к надводным целям (НЦ). Также важной проблемой является выбор признаков для распознавания: будь то траекторные признаки цели, эффективная площадь рассеяния (ЭПР), анализ дальностного портрета, важным фактором при использовании большей части методов распознавания является наличие эталонов признаков, что в большинстве случаев является невозможным.

Выбор метода радиолокационного распознавания основывается на технических возможностях радиолокационной станции, поскольку реализация некоторых методов доступна только отдельным видам станций, например, метод инверсного синтезирования апертуры антенны (ИНСАР) доступен только когерентным РЛС. Ниже приведена классификация, в которой указано, какой признак стоит использовать при какой-либо технической реализации РЛС [1].

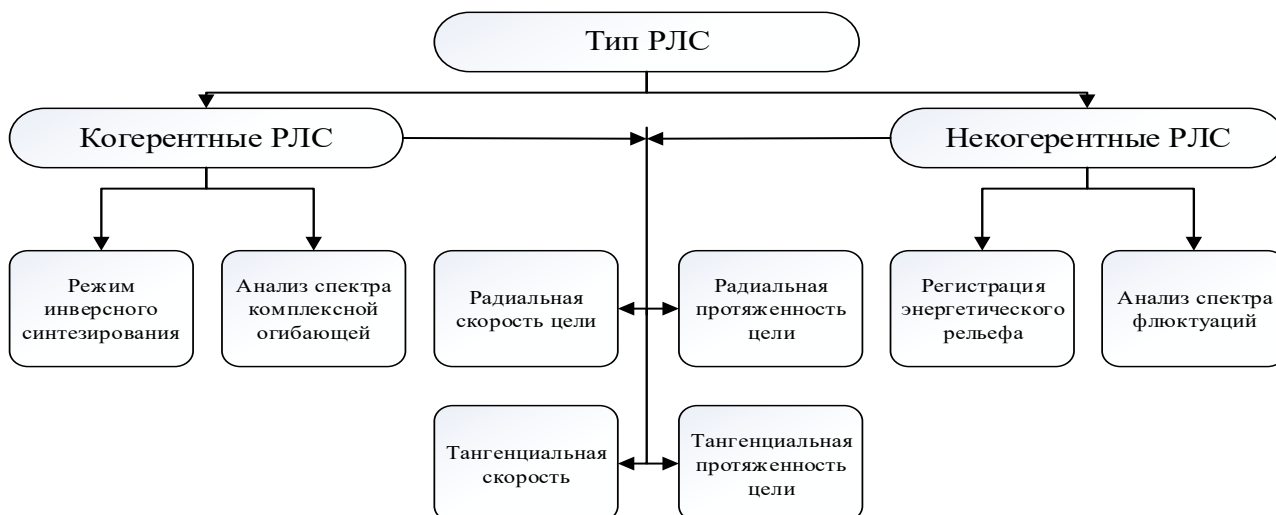


Рис. 1. Распределение признаков в зависимости от вида РЛС

Радиолокационное распознавание, основанное на оценке ЭПР, является наиболее частой задачей, поскольку позволяет принять решение о классе цели как воздушной, так надводной и наземной.

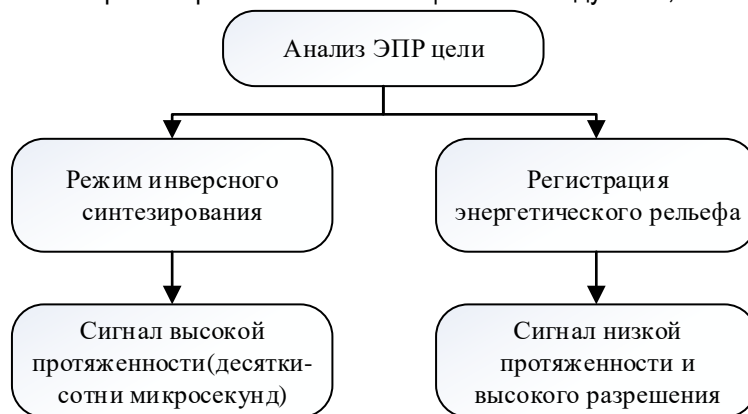


Рис. 2. Требования к методам распознавания анализирующим ЭПР

Для некогерентных РЛС используется регистрация энергетического рельефа, или текущей ЭПР цели. В таком случае необходимо усреднять результаты однократных измерений ЭПР из-за наличия интерференционных максимумов в диаграмме обратного рассеяния (ДОР). При анализе ЭПР принятой от воздушной цели наиболее целесообразно сравнивать его с эталоном ЭПР, принятым от этой цели. Принятие решения основывается на результате корреляции полученного изображения с эталоном. Наземные и надводные цели так же можно распознавать и при помощи некогерентной РЛС. Недостаток метода, очевидно, заключен в необходимости наличия эталонов цели, что не всегда возможно, а при использовании к наземным и надводным целям возможно «смещение» ЭПР самой цели и ЭПР подстилающей поверхности, что неизбежно приведет к ошибке.

В случае когерентной РЛС при распознавании надводных и наземных целей используется метод инверсного синтезирования апертуры антенны, который позволяет оценить ЭПР цели и построить радиолокационное изображение (РЛИ), основываясь на перемещениях или вращениях протяженной цели вокруг своей оси. Дальнейшее распознавание основывается на гистограммных методах распознавания на радиолокационном изображении [2]. Существует огромное количество методов измерения ЭПР при помощи узкополосных, широкополосных и многочастотных сигналов. Использование последних позволяет оценить ЭПР в случае случайных перемещений (флуктуаций) цели. Однако в целом анализ ЭПР является очень сложной задачей из-за идеализации объектов, на которых происходило измерение ЭПР при исследованиях. Методы, использующие ЭПР, позволяют построить 2D (а иногда и 3D) портрет цели, что делает задачу распознавания очень простой [3].

Анализ дальностного портрета цели может строиться на анализе временной картинке и частотной, чаще всего используется частотная картинка. Суть метода состоит в анализе комплексной огибающей в случае импульсно-доплеровских (ИД) и когерентно-импульсных РЛС (КИ), а также спектра флуктуаций в некогерентном импульсном режиме (НИ). В обоих случаях задача сводится к анализу спектра флуктуаций при регистрации разных параметров. В данном методе так же необходимы эталоны портретов.

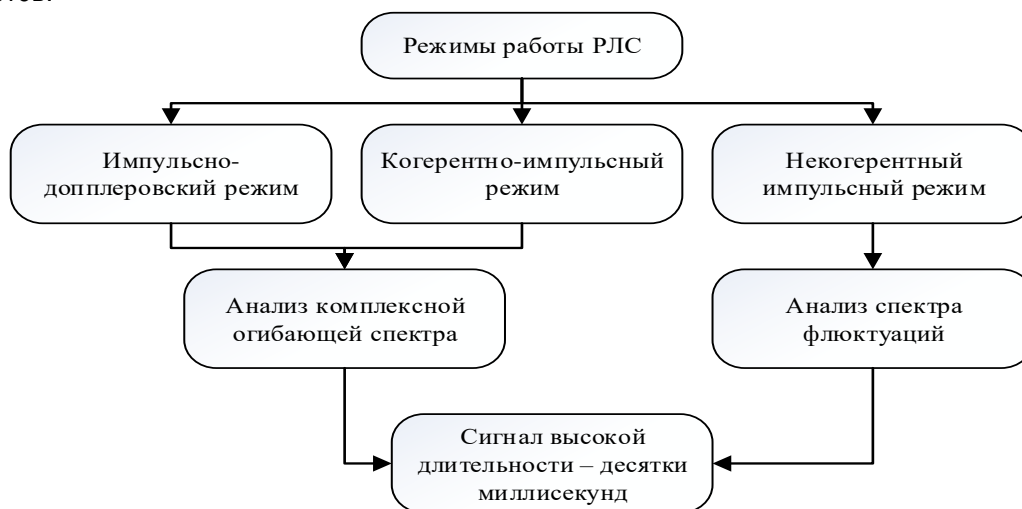


Рис. 3. Режимы работы РЛС при анализе дальностного портрета цели

Суть метода содержится в наличии в дальностном (или спектральном) портрете некоторых посторонних составляющих, не свойственных для эталона портрета и дальнейшей корреляции. Посторонними составляющими в данном случае являются сигналы, модулирующие отраженный, такие как сигналы от винтов вертолета («винтовая» модуляция), сигналы турбин самолета («турбинная» модуляция), гусеницы танка и т. п. Подробное описание некоторых способов изложено в [4].

Скорость является удобным параметром, поскольку оценивается всегда при помощи эффекта Доплера и входит в вектор параметров цели.



Рис. 4. Режимы работы РЛС при анализе радиальной скорости

Радиальную и тангенциальную скорость возможно измерить как при помощи сопровождения, так и при помощи обзора. Данный параметр возможно измерить как когерентными, так и некогерентными методами. Распознавание при этих методах не позволяет определить точный тип цели, однако в радиотехнике такого не требуется. Такие методы позволяют совместно с распознаванием построить трассу цели. Для ИД режима время получения информации – 10–20 мкс. Для КИ в режиме сопровождения – 20–50 мкс, в режиме обзора – 3–5 периодов обзора. В НИ время наблюдения до двух секунд.

Одновременно со скоростями РЛС позволяет оценить класс объекта при помощи измерения радиальной и тангенциальной протяженности цели, в таком случае чаще всего используется сигнал высокого разрешения.



Рис. 5. Виды сигналов при анализе радиальной и тангенциальной протяженности

Радиальная протяженность оценивается за счет растяжения отраженного сигнала. Тангенциальная протяженность оценивается при помощи пеленгаторов. При сигналах с низким разрешением необходимо измерять размах величину углового шума. Время наблюдения – 5–10 периодов повторений. При высокой разрешающей способности – путем измерения угловой ширины цели на интервале длительности отраженного сигнала. Также возможно использование режимов САР и ИНСАР, что занимает 20–50 периодов обзора.

Подводя итог, можно сказать, что для обзорных РЛС хорошим признаком для распознавания является скорость – она оценивается просто и дает достаточную информацию о классе цели. Для РЛС, работающих в режиме сопровождения, подойдут методы, требующие длительного наблюдения, например, анализ развертки по дальности или анализ протяженности.

Библиографический список

1. Ширман Я. Д. Методы радиолокационного распознавания и их моделирование // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. 1996. С. 9.
2. Жердев. Д. А., Казанский Н. Л., Фурсов В. А. Распознавание объектов на радиолокационных изображениях с использованием показателей сопряженности и опорных подпространств // Компьютерная оптика. 2015. Т. 39. № 2. С. 255–263.
3. Небабин В. Г., Сергеев В. В. Методы и техника радиолокационного распознавания. М.: Радио и связь, 1984. 156 с.
4. Фам Ф. К. Нейросетевая схема распознавания воздушных целей по радиолокационным дальностным портретам // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 4. Ч. 2. С. 204–209.

УДК 623.764

С. В. Дьяков

магистрант кафедры радиотехнических систем

Ю. А. Корнеев – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ РЛС ДАЛЬНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ

В реальных условиях прием сигнала осуществляется на фоне помех, что значительно затрудняет выполнение задачи по обнаружению сигнала. С целью улучшения работы РЛС в помеховой обстановке используют ряд алгоритмов, выполняющих компенсацию помех.

Алгоритмы компенсации делятся на две большие группы: системы автокомпенсации, построенные на базе корреляционных автокомпенсаторов с обратными связями, и алгоритмы автокомпенсации с прямым методом формирования вектора весовых коэффициентов [1, 2, 3].

Автокомпенсация помех надгоризонтных РЛС зачастую выполнялась с помощью алгоритма с обратной связью. Схема компенсатора с обратной связью представлена на рис. 1 [3].

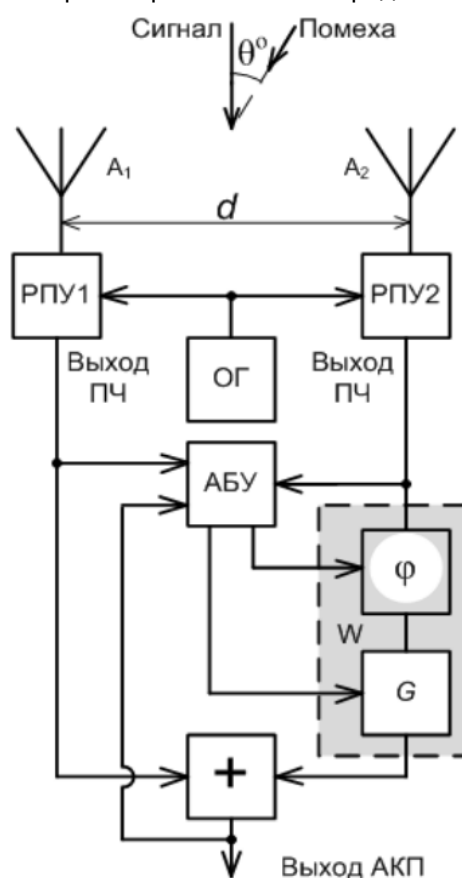


Рис. 1. Схема компенсатора с обратной связью

Принцип действия такого компенсатора следующий. На начальном этапе задается глубина подавления помехи. На две идентичные, разнесенные в пространстве на расстояние d антенны A_1 и A_2 принимается смесь полезного сигнала и помехи в основном («ведущем») и вспомогательном («ведомом») приемных трактах. Синхронизация каналов осуществляется от единого опорного генератора с целью обеспечения максимально стабильных фазовых соотношений принимаемых сигналов. Этап выравнивания весовых коэффициентов условно можно разбить на два цикла: цикл выравнивания амплитуд и цикл выравнивания фаз. В цикле выравнивания амплитуд вначале измеряются амплитуды сигналов основного и вспомогательного трактов. Затем значение коэффициента усиления (ослабления) G

вспомогательного тракта изменяется (подстраивается) в соответствии с величиной измеренного значения амплитуды основного тракта, пытаясь достигнуть равенства амплитуд обоих сигналов, после чего это значение фиксируется. Цикл выравнивания фаз заключается в измерении фаз сигналов основного и вспомогательного приемных трактов, подстройке фазы вспомогательного тракта в соответствии с величиной измеренного значения фазы сигнала основного тракта таким образом, чтобы полезные сигналы находились в фазе, а помехи – в противофазе (тогда на сумматоре помехи будут скомпенсированы) [3].

На завершающем этапе сравнивается полученный сигнал основного тракта с отрегулированным сигналом на выходе вспомогательного тракта и в случае необходимости повторяется процедура выравнивания весовых коэффициентов до тех пор, пока не будет обеспечена требуемая величина подавления помехи. Недостаток такой схемы заключается в том, что при наличии полезного сигнала в ведомом тракте будет затруднительно компенсировать помеху, не подавив при этом полезный сигнал, усложнится реализация АБУ [3].

Однако алгоритмы с обратной связью имеют относительно большое время сходимости по сравнению с алгоритмами с прямыми методами формирования весовых коэффициентов, а также прямые методы формирования весовых коэффициентов обладают большей стабильностью за счет отсутствия обратной связи [3].

Для выполнения задачи адаптивной компенсации предлагается к использованию алгоритм компенсатора, схема которого представлена на рис. 2.

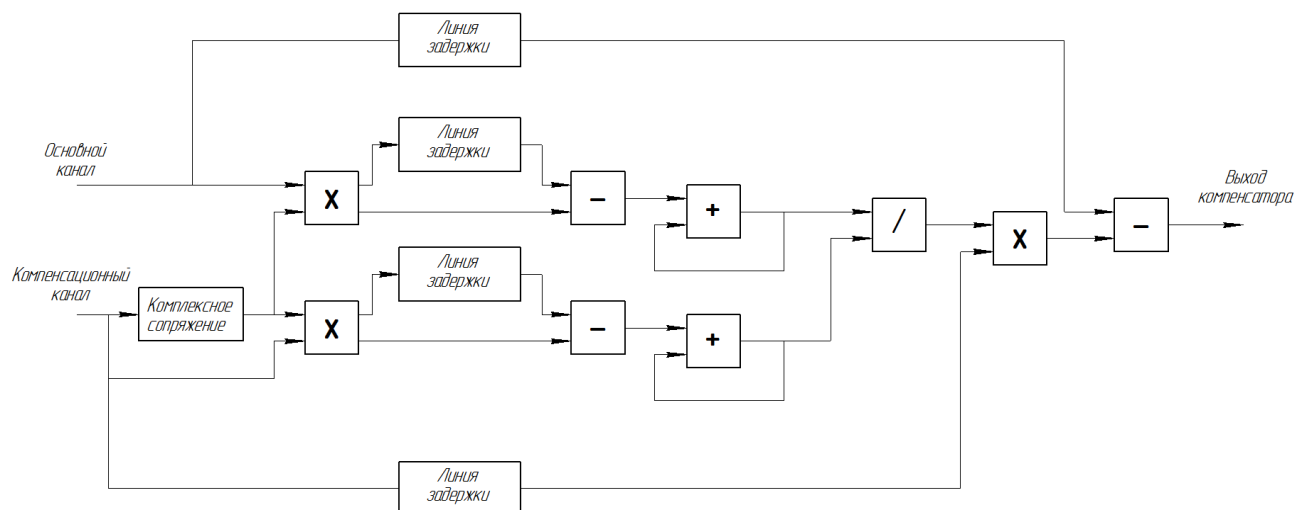


Рис. 2. Схема компенсатора с прямым методом формирования весовых коэффициентов

Рассмотрим принцип работы данной схемы. В тракте основного канала (ОК) вычисляется комплексный коэффициент корреляции входных процессов ОК и компенсационного канала (КК). В тракте КК вычисляется оценка мощности компенсационного сигнала. Для сглаживания вычисленных значений выполняется усреднение в скользящем окне КИХ фильтром. Далее выполняется нормирование комплексного коэффициента корреляции – деление значения усредненного комплексного коэффициента корреляции на усредненное значение мощности компенсационного сигнала. Каждый полученный нормированный коэффициент корреляции умножается на соответствующий отсчет компенсационного сигнала. Результат умножения вычитается из входного процесса на ОК [4, 5].

Данный алгоритм компенсатора был смоделирован со следующими входными условиями (рис. 3).

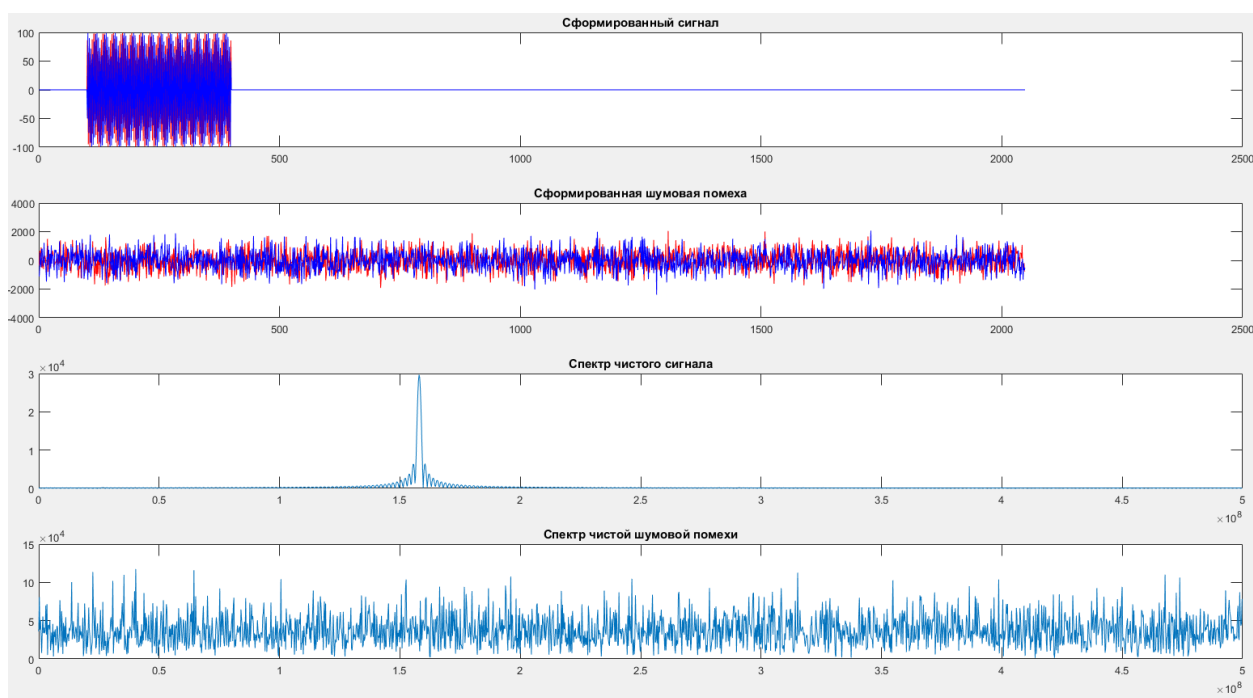


Рис. 3. Временные диаграммы тестовых воздействий

На входе КК присутствовал широкополосный шум (БГШ) в роли помехи и 0,1 часть полезного сигнала; на входе ОК смесь сигнала и помехи, коррелированной с помехой в КК. В качестве полезного сигнала был выбран обычный прямоугольный импульс на несущей частоте 158 МГц.

Также при моделировании были сформированы собственные шумы для ОК и КК, некоррелированные между собой (рис. 4).

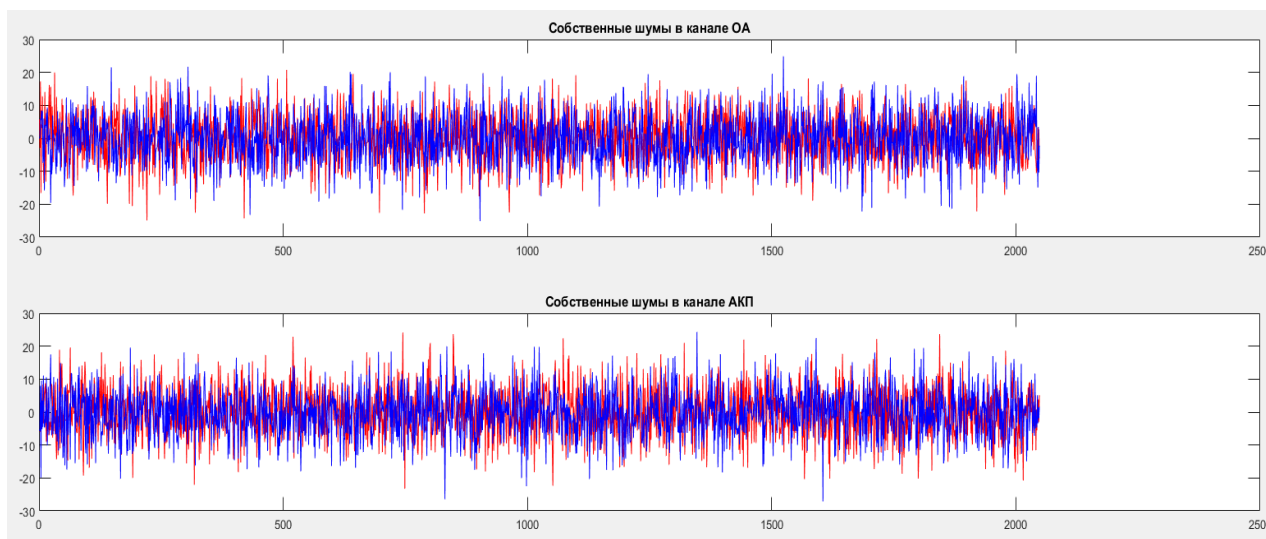


Рис. 4. Временные диаграммы собственных шумов в ОК и КК

В результате моделирования были получены результаты, представленные на рис. 5.

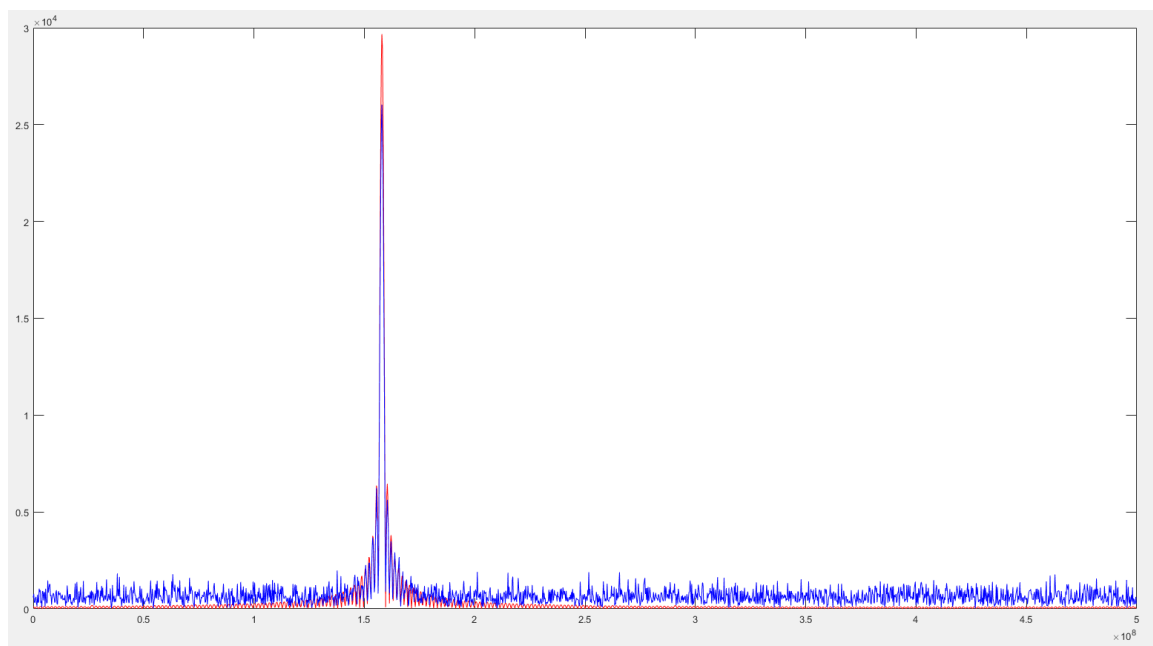


Рис. 5. Спектр чистого сигнала (красный) и сигнала после компенсации (синий)

Из результата моделирования можно сделать вывод, что при когерентности ОК и КК выполняется полное подавление помехи до уровня собственных шумов. Также сходимость алгоритма компенсации с прямым методом формирования весовых коэффициентов на порядок большая, чем в алгоритмах с обратной связью.

Однако необходимо учитывать, что любые фазовые разбеги, вызванные неидентичностью трактов ОК и КК, а также нарушения в синхронизации когерентных каналов могут сильно ухудшать степень подавления, что накладывает высокие требования к качеству используемой аппаратуры.

Библиографический список

1. Гринкевич А. В. Радиолокация. Минск: БГУИР, 2015. 190 с.
2. Слока В. К. Вопросы обработки радиолокационных сигналов. М.: Советское радио, 1970. 256 с.
3. Григорьев В. А., Щесняк С. С., Гулюшин В. Л. Адаптивные антенные решетки: учеб. пособие. В 2-х ч. Ч. 2. / Под общ. ред. В. А. Григорьева. СПб.: ИТМО, 2016. 118 с.
4. Сколник М. Введение в технику радиолокационных систем / Пер. с англ. П. К. Горохова, Ф. С. Соловейчика; под ред. К. Н. Трофимова. М.: Мир, 1965. 747 с.
5. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 768 с.

УДК 534(204.1)

Я. В. Жежелева

магистрант кафедры радиотехнических систем

С. С. Поддубный – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ В САПР ANSYS HFSS

Сегодня мы наблюдаем бурное развитие высокочастотных и сверхвысокочастотных радиоэлектронных систем. Подобные устройства обеспечивают функциональность и эффективность сложных вычислительных комплексов, современных систем связи, радиолокации и навигации, применяемых в авиационной, оборонной и космической промышленности.

Разработка и создание устройств, соответствующих современным рыночным требованиям и потребностям заказчиков из высокотехнологичных отраслей, предполагает использование передовых инструментов и методов, позволяющих выполнить инженерные расчеты для определения функциональности и рабочих характеристик будущего устройства. Одним из инструментов, позволяющих выполнить проектирование ВЧ/СВЧ-устройства, является линейка инструментов для инженерных расчетов, разработанная американской компанией ANSYS.

ANSYS HFSS – программа, рассчитанная для моделирования СВЧ-устройств и расчета их характеристик. Применимый модуль HFSS помогает использовать набор графических базисных элементов, начертить условную модель исследуемой конструкции, расчетный модуль, использующий метод конечных элементов, проводит расчет электромагнитного поля для построенной модели, а постпроцессор дает допустимость провести обработку и подробный анализ полученного продукта. В результате расчета находятся поля внутри и вне структур, а также многомодовые S-параметры.

В качестве примера промоделируем делитель мощности.

Поставлены следующие технические требования:

- Общая длина делителя не должно превышать 30 мм.
- Материал подложки RT/duroid 6002 с толщиной 0,254 мм.
- Полоса частот 8,5–9,5 ГГц.
- Входное сопротивление 50 Ом.

Идеальным называется делитель мощности, реализуемый во взаимном симметричном шестиполоснике без потерь, согласованном по всем входам. Это означает, что мощность сигнала, поданного в одно из плеч при условии, что все плечи нагружены на согласованные нагрузки, распределяется между двумя выходными плечами.

Если в устройстве отсутствуют потери, то мощность в каждом выходном плече равна половине входной мощности, что соответствует вносимому затуханию 3 дБ. Такой делитель называется трехдецибелным делителем, или гибридным соединением.

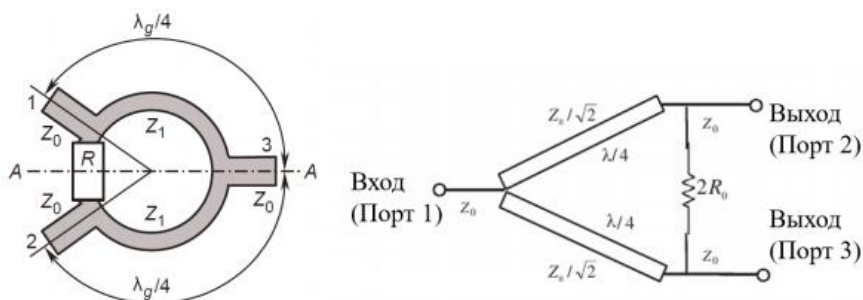


Рис. 1. Конструкции согласованного делителя мощности:
а) кольцевая; б) структура на прямых линиях

Трансформирующие линии делителя на два загнуты в кольцо для минимизации габаритных размеров, а также для уменьшения потерь.

При столь высоких частотах, как в данном случае, любой изгиб проводника несет потери и искажения в сигнал, и для лучших характеристик такие изгибы стараются сглаживать.

Расчеты волновых сопротивлений производились по стандартным формулам деления.

В подпрограмме пакета AWR DE TXline были посчитаны физические характеристики микрополосков исходя из частоты, импеданса, а также толщины диэлектрика.

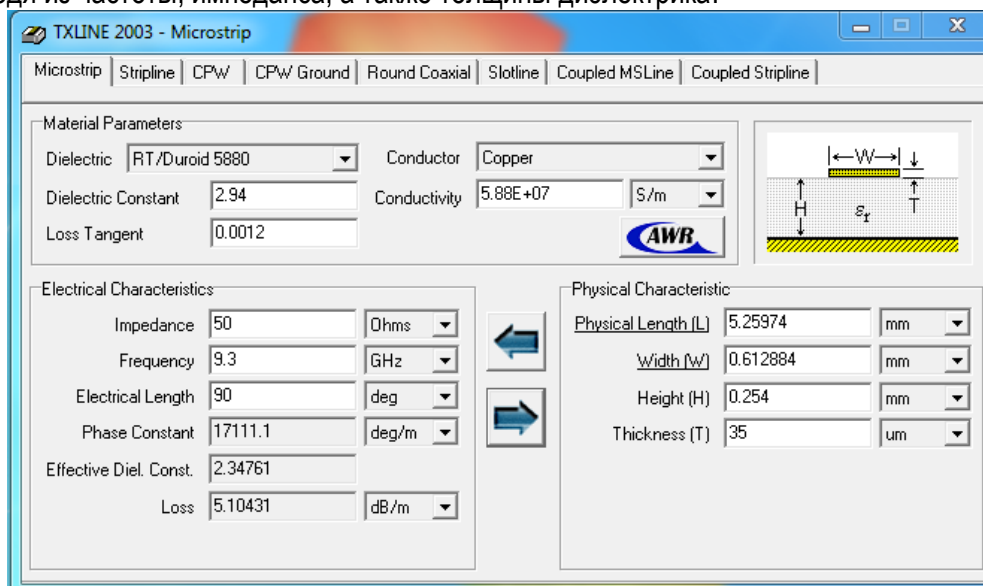


Рис. 2. Расчет характеристик для 50-Омной линии

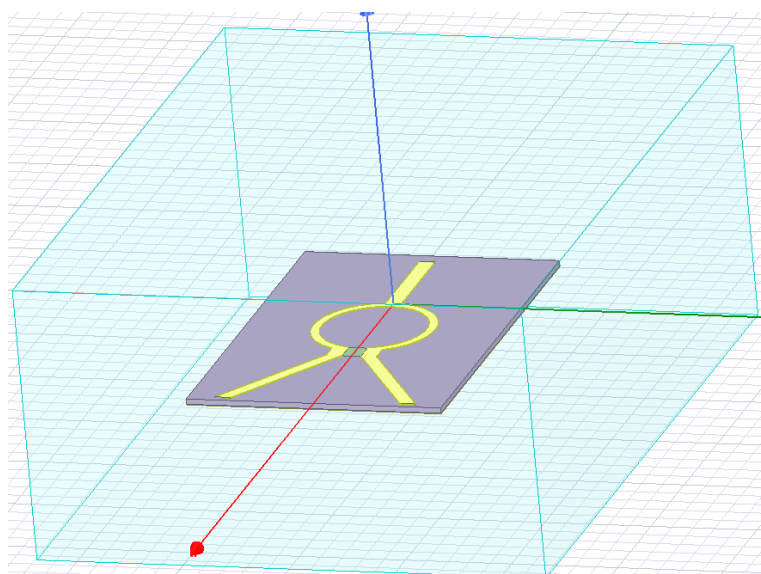


Рис. 3. Делитель мощности на два

Между двумя плечами делителя устанавливается навесной элемент – резистор номиналом 100 Ом.

Программа Ansoft HFSS позволяет моделировать такие элементы посредством специальных граничных условий – Lumped RLC boundary. Эта граница представляет параллельно включенные элементы R, L и C.

По техническому заданию делитель мощности должен быть синфазным, а значит необходимо добиться равного деления по плечам, без сдвига фазы.

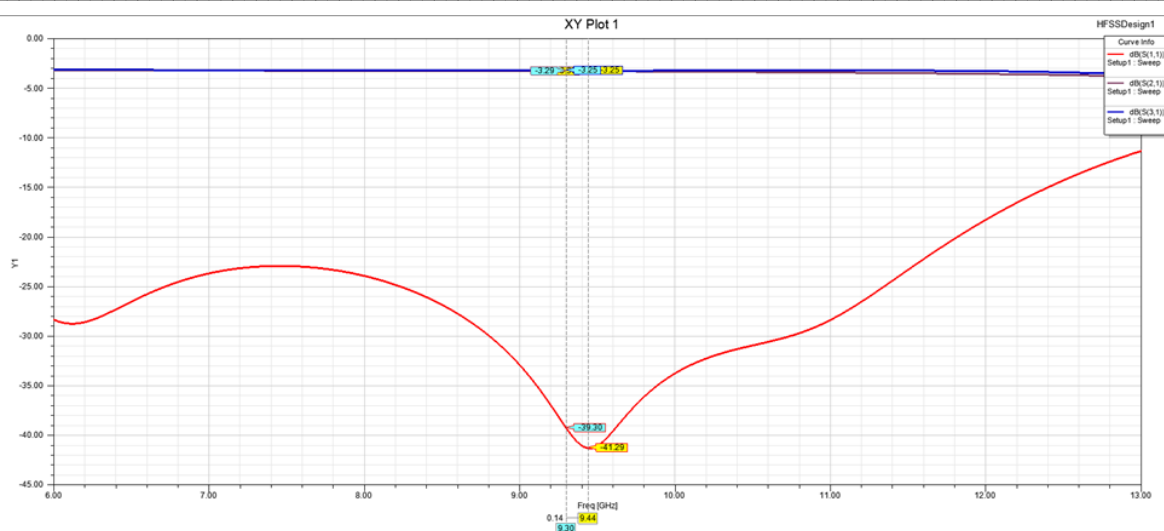


Рис. 4. Характеристики S11 и S21

Как видно из рис. 4, характеристика S11 вполне удовлетворяет техническому заданию. Она держится на уровне примерно -25 дБ во всей необходимой полосе частот от 8,5 до 9,5 ГГц.

Передаточная характеристика S21 показывает потери в делителе мощности. В среднем, на каждой ступени деления в лучшем случае сигнал падает на -3 дБ. Необходимо также учитывать толщину проводника, равную 35 мкм, которая тоже добавляет некоторые потери.

Результат виден на рис. 4, характеристика S21 в заданной полосе держится на уровне -3 дБ.

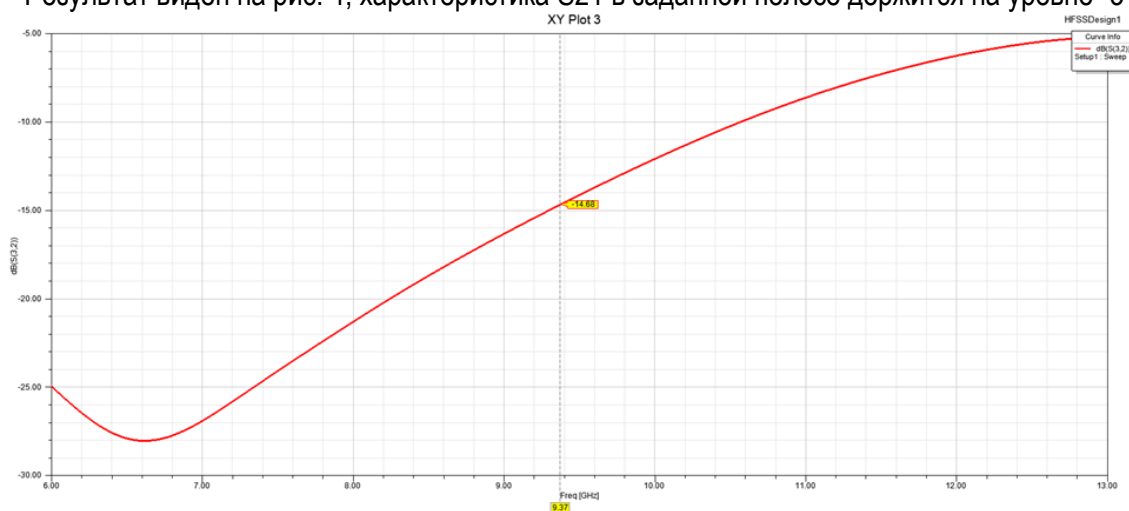


Рис. 5. График развязки между плечами делителя

По рис. 5 видно, что развязка меньше -15 дБ обеспечивается на всех плечах.

В заключение нужно отметить, что основным преимуществом делителя мощности, реализованного на микрополосковой линии, является наименьшие габариты, вес и не вызывает конструктивных трудностей.

Библиографический список

1. Голубев В. И., Ковалев И. С., Кузнецов Е. Г. Конструирование и расчет полосковых устройств: учеб. пособие для вузов. М.: Сов. Радио, 1974. 295 с.
2. Воскресенский Д. И., Грановский Р. А., Давыдова Н. С. Антенны и устройства СВЧ: учеб. пособие для вузов. М.: Радио и связь, 1981. 432 с.
3. Сазонов Д. М., Гридин А. М., Мишустин Б. А. Устройства СВЧ. М.: Высш. школа, 1981. 259 с.

4. Сазонов Д. М. Антенны и устройства СВЧ: учебник для радиотехнических спец. вузов. М.: Высшая школа, 1988. 432 с.
5. Банков С. Е., Курушин А. А. Расчет антенн и СВЧ структур с помощью HFSS Ansoft M.: ЗАО «НПП Родник», 2009. 256 с.

УДК 629.7.054.07

А. М. Карпов

магистрант кафедры радиотехнических систем

А. А. Монаков – доктор технических наук, профессор – научный руководитель

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ОЦЕНКИ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ВОЗДУШНОГО СУДНА В СИСТЕМАХ МУЛЬТИЛАТЕРАЦИИ

В последнее время форсировано растут объемы воздушного движения по всему миру как и в гражданском, так и в военном сегменте. В связи с постоянным увеличением плотности трафика различных гражданских, грузовых, транспортных и военных воздушных средств проблема эффективного использования аэродромных зон, воздушных трасс и всего наземного и воздушного пространства в целом становится актуальной [1, 2].

В этих условиях стремительно развиваются многопозиционные радионавигационные системы определения местоположения воздушных судов в пространстве, которые стали серьезными конкурентами имеющихся РК УВД (радионавигационный комплекс управления воздушным движением). К этому классу систем относится мультilaterационная система (MLAT) [3, 4].

Система используется уже с имеющимся на борту ВС (воздушное судно) ответчиком ВРЛ (вторичный радиолокатор) и не нуждается в дополнительной бортовой аппаратуре. Она не только гарантирует высокую точность определения координат и траектории ВС, сравнимую с моноимпульсными ВРЛ, но и обладает новыми качествами: высокая скорость обновления и 3D-слежение за ВС. MLAT определяет местоположение объекта, измеряя расстояния объекта до опорных радионавигационных точек, где расположены приемные станции, координаты которых известны с высокой точностью [5].

Эта статья посвящена синтезу алгоритма, используемого в вычислительных компьютерах системы MLAT.

Алгоритм Стивена Банкрофта

Алгоритм Банкрофта изначально был предложен в спутниковых радионавигационных системах для оценки местоположения ВС. Затем нашел активное применение в системах MLAT.

Введем систему уравнений:

$$\|r - p_j\| + b = R'_j, j = 1, \dots, J, \quad (1.1)$$

где r – радиус-вектор местоположения ВС; $r = \{x, y, z\}$; p_j – координаты приемных станций $p_j = \{x_j, y_j, z_j\}$; $b = r + c\tau$ – скалярный параметр, независимый от номера j ; R'_j – псевдодальность, полученная от станций p_j .

Неизвестным параметром являются радиус-вектор местоположения объекта и параметр b .

Перепишем систему уравнений в матричном виде:

$$Bz = \lambda e + b \quad (1.2)$$

Уравнение (1.2) связывает неизвестный вектор z и величину $(z, z) = 2\lambda$, где $\lambda = 0,5 (z, z)$ – скаляр. Вектор z является суммой двух векторов:

$$z = \lambda B^\# e + B^\# b = \lambda c + d, \quad (1.3)$$

где $B^\# = (B^T B)^{-1} B^T$ – левая псевдообратная матрица матрицы B . Получим следующее уравнение для λ :

$$(c, c)\lambda^2 + 2[(c, d) - 1]\lambda + (d, d) = 0. \quad (1.4)$$

Уравнение (2.4) имеет два корня, один из которых будет соответствовать истинному решению. Проверку правильности выбора корня можно осуществить путем обратной подстановки полученного решения в уравнение. Алгоритм достаточно прост для реализации, т. к. требует вычисления обратной матрицы 4×4 [6, 7].

Оценим точностные характеристики алгоритма и сравним их с потенциально достижимой точностью на основании границы Крамера – Рао. Аналитически произвести оценку вряд ли возможно, поэтому воспользуемся непосредственно моделированием в среде MATLAB.

Результат моделирования приведен на рис. 1. Десять приемных станций случайным образом расположились на окружности диаметром 10 км. В центре окружности находилась передающая станция. Воздушное судно случайным образом располагалось внутри окружности. Измерения производились с ошибками по дальности – 10 м, по времени – 5 нс.

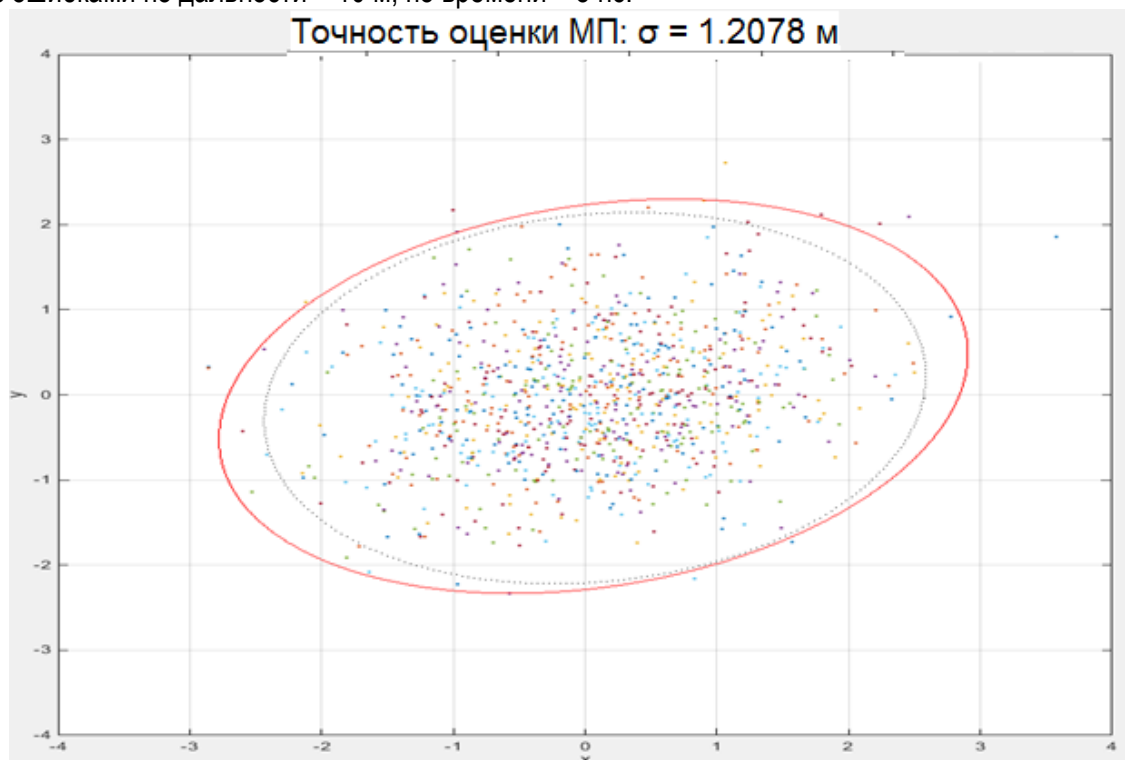


Рис. 1. Результаты моделирования алгоритма Банкрофта

Так же был промоделирован отдельный участок траектории движения ВС в произвольный момент времени (рис. 2).

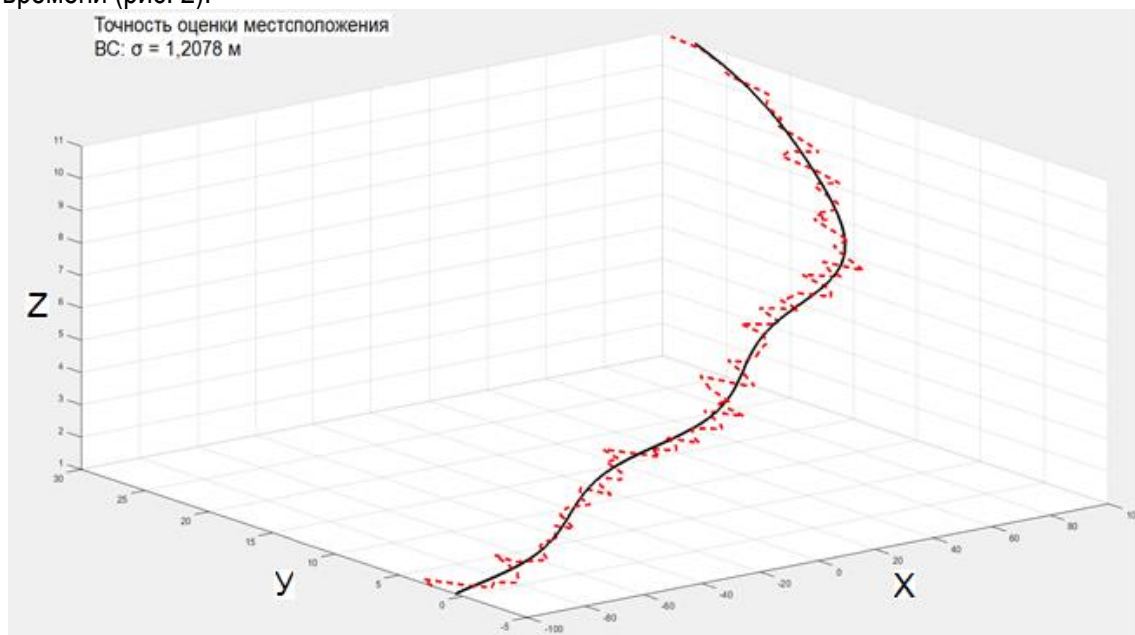


Рис. 2. Результат моделирования произвольного участка траектории

Сплошной линией показан эллипс ошибок, построенный по результатам оценки корреляционной матрицы ошибок и вероятности попадания отметки воздушного судна внутрь эллипса равной 99 %. Пунктирной кривой представлен такой же эллипс для потенциальной точности оценки, построенный на основании границы Крамера – Рао [8].

Черной сплошной линией показана истинная траектория движения воздушного судна. Красным пунктиром показано отклонение траектории, полученной методом алгоритма Банкрофта. СКО в среднем составляет порядка 1 м [9].

Заключение

Система MLAT гарантирует высокую точность определения координат и траектории ВС, сравнимую с моноимпульсными вторичными радиолокаторами. Алгоритм Банкрофта часто используется для оценки местоположения ВС. Пользуясь этим алгоритмом, можно прямым способом получить оценку местоположения объекта, не прибегая к значительным вычислительным затратам.

Библиографический список

1. Раздел новостей ИКАО. URL: <https://www.icao.int/Newsroom/Pages/RU/Continued-passenger-traffic-growth-and-robust-air-cargo-demand-in-2017.aspx> (дата обращения: 13.05.2019).
2. World Results and Analyses for FEB 2016. Total scheduled services (domestic and international). URL: http://www.icao.int/sustainability/Documents/MonthlyMonitor-2016/MonthlyMonitor_April2016.pdf (дата обращения: 13.05.2019).
3. Композитная система наблюдения для УВД и мониторинга воздушного пространства. URL: http://www.npp-crts.ru/press/articles/composite_system (дата обращения: 13.05.2019).
4. Система вторичной радиолокации. URL: <http://helpiks.org/3-95225.html> (дата обращения: 13.05.2019).
5. MultiLateration & ADS-B. URL: <http://multilateration.com> (дата обращения: 13.05.2019).
6. Boettcher P. W., Shaw G. A. A Distributed Time-Difference of Arrival Algorithm for Acoustic Bearing Estimation // SensIT PI Meeting. MIT Lincoln Laboratory. Santa Fe, 2002.
7. Bancroft S. An Algebraic Solution of the GPS Equations // IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 1985.
8. Leonardi M., Mathias A., Galati G. Two Efficient Localization Algorithms for Multilateration // International Journal of Microwave and Wireless Technologies. 2009. Vol. 1. N 3. P. 223–229.
9. Официальный сайт MathWorks. URL: <https://www.mathworks.com> (дата обращения: 13.05.2019).

УДК 629.7.054.07

Н. Б. Полищук

магистрант кафедры радиотехнических систем

А. А. Монаков – доктор технических наук, профессор – научный руководитель**КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ДАННЫХ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ И СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

В настоящее время навигационные системы используются не только военными и транспортными организациями, но и являются неотъемлемой частью повседневной жизни человека. С развитием навигационных систем пользователям стало доступно определение своего местоположения без каких-либо знаний о местности. Но чем больше навигационные системы используются, тем выше становятся требования к качеству их работы. Спутниковые радионавигационные системы (СНС) применяются во многих областях человеческой деятельности. Они позволяют с большой точностью оценивать вектор состояния объекта навигации, элементами которого являются пространственные координаты, скорость и время относительно системной шкалы. Однако этим системам присущи определенные недостатки: низкий темп обновления информации и низкая помехоустойчивость. Погрешность измерения навигационных параметров может достигать десятков метров. Инерциальная навигационная система (БИНС) является основным источником навигационных данных в составе пилотажно-навигационного комплекса воздушного судна. Темп обновления информации в этих системах может быть очень высоким. Кроме того, эти системы являются автономными и, следовательно, помехоустойчивыми. В то же время вследствие накопления ошибок в интеграторах БИНС с течением времени происходит ухудшение точности навигации. Погрешность измерения навигационных параметров может достигать десятков метров.

Достичь желаемого уровня точности, надежности и помехозащищенности позволяет комплексирование навигационных систем. Актуальность решения этой задачи обусловлена сферой использования БИНС и СНС. В первую очередь эти системы применяются на высоко динамичных объектах военной техники: самолетах и вертолетах, беспилотных летательных аппаратах, крылатых ракетах, ракетных системах залпового огня, самокорректирующихся авиабомбах. Комплексная навигационная система реализует принцип избыточности, то есть один и тот же параметр измеряется несколькими навигационными системами, построенными на различных физических принципах. Для выполнения задач комплексирования в данных системах используют фильтры Калмана. Фильтр Калмана является оптимальной линейной системой, позволяющей минимизировать ошибки, оценивания составляющие вектора состояния объекта навигации. Алгоритм работы фильтра Калмана представлен на рис. 1. Основой фильтра Калмана являются рекуррентные уравнения последовательной фильтрации параметров траектории. На выходе фильтра получаются оценки параметров траектории, отнесенные к моменту получения последнего наблюдения. Для вычисления оценки состояния системы на текущий такт работы фильтру Калмана необходима оценка состояния на предыдущем и текущем шагах измерения. Данное свойство отличает фильтр Калмана от пакетных фильтров, требующих в текущий такт работы знание истории измерений и/или оценок.

Синтез алгоритмов фильтра Калмана основан на знании двух уравнений, характеризующих процессы изменения и измерения вектора состояния объекта.

Уравнение состояния имеет вид:

$$x_{k+1} = F_k x_k + v_k, \quad (1)$$

где F_k – матрица перехода. Процесс v_k представляет собой формирующий гауссовский белый шум, с нулевым средним и известной ковариационной матрицей. Обозначение Вектор x_{k+1} является вектором состояния системы на текущем $k+1$ шаге, а x_k – вектором состояния на предыдущем шаге k .

Уравнение измерения предполагает, что фактическое измерение в любое время связано с текущим состоянием:

$$z_k = H_k x_k + w_k, \quad (2)$$

где H_k – матрица измерения. Процесс w_k представляет собой шум измерения на текущем временном шаге. Измеряемый шум также представляет собой белый гауссовский шум с ковариационной матрицей Q_k :

$$Q_k = E[n_k n_k^T] \quad (3)$$

Будем приближенно считать, что моменты измерений БИНС и СНС совпадают, то есть если $t_j = t_i$, то $t_{j+1} = t_{i+M}$ $M = T_{\text{БИНС}} / T_{\text{СНС}}$ – целое число, где j – момент измерений от БИНС; $t_j - t_{j-1} = T_{\text{БИНС}}$ – темп измерений от БИНС; i – момент измерений от СНС; $t_i - t_{i-1} = T_{\text{СНС}}$ – темп измерений от СНС. В периоды сбоя СНС результирующая точность навигационных определений будет определяться точностью экстраполяции погрешностей БИНС.

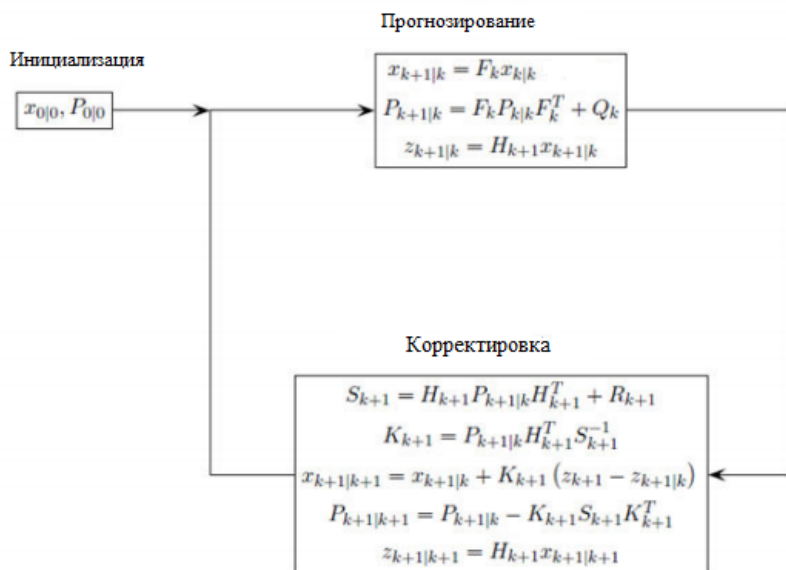


Рис. 1. Алгоритм фильтра Калмана

Результаты моделирования в программе MATLAB 2018 представлены на рис. 2, 3.

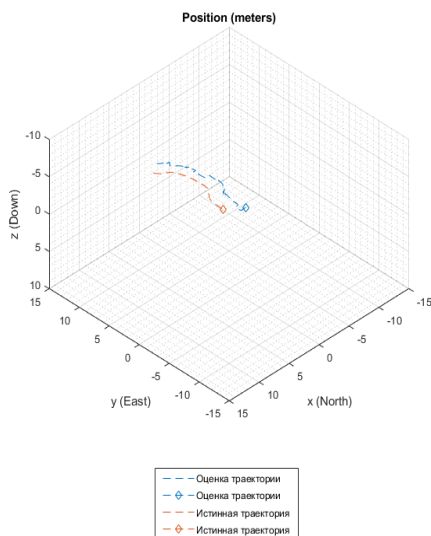


Рис. 2. Оцененная и истинная траектории движения объекта

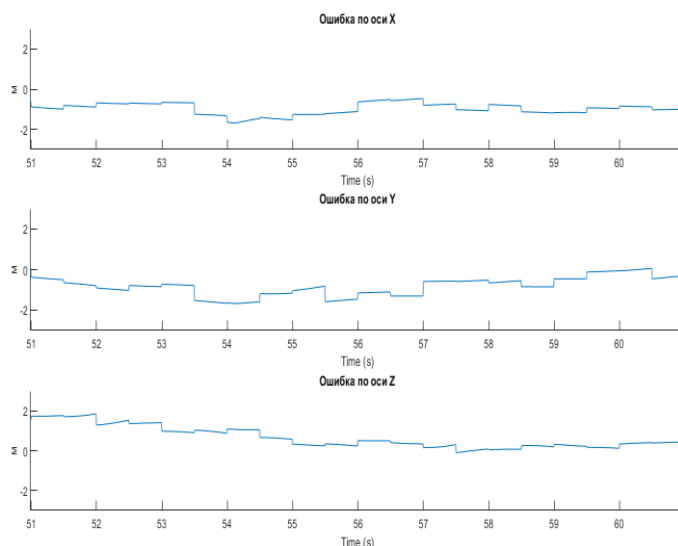


Рис. 3. Погрешность определения навигационных параметров при движении по траектории

Из рис. 2, 3 видно, что максимальная ошибка оценивания горизонтальных координат составляет около $\pm 0,7$ м, вертикальной координаты $\pm 0,5$ м и скорости ± 1 м/с.

В заключение нужно отметить, что комплексирование СНС с инерциальными датчиками, а также оценивание и компенсация их погрешностей позволила получить высокие точности оценивания навигационных параметров – около 0,7 м по координатам и по скоростям – 1 м/с, что значительно превышает точности определения навигационных параметров с помощью СНС и БИНС, работающих в автономном режиме.

Библиографический список

1. Перов А. И., Харисов В. Н. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Радиотехника, 2010. 800 с.
2. Матвеев В. В., Распопов В. Я. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем. СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электрон», 2009. 280 с.
3. Официальный сайт MathWorks. URL: <https://www.mathworks.com> (дата обращения: 01.05.2019).
4. Zhiwen Xian. Robust innovation-based adaptive Kalman filter for INS/GPS land navigation // Chinese Automation Congress. National University of Defense Technology. 2013. P. 374–379.

УДК 621.371.3

Г. М. Ревунов

магистрант кафедры радиотехнических систем

В. В. Егоров – доктор технических наук – научный руководитель

МЕТОДЫ АДАПТИВНОЙ КОРРЕКЦИИ СИГНАЛА В МНОГОЛУЧЕВЫХ КАНАЛАХ

Электромагнитные волны дециметрового диапазона, используемые в системах сотовой мобильной связи, имеют длины волн много меньше или соизмеримые с большинством встречающихся препятствий (здания, деревья, машины, столбы, рекламные щиты и т. д.). Эти объекты влияют на распространение сигналов тремя механизмами воздействия: отражение (reflection), диффракция (diffraction), рассеяние (scattering).

Результатом действия вышеперечисленных факторов является появление в точке приема сигналов, пришедших с разных трасс распространения. Интерференция этих сигналов приводит к нежелательным эффектам, затрудняющим прием: замираниям, искажению спектра, межсимвольной интерференции. Чаще всего на практике возникают частотно-селективные замирания [1].

Простейшим методом, позволяющим в значительной степени скомпенсировать влияние данных факторов, является введение запаса по мощности, гарантирующего превышение полезного сигнала над шумом на входе приемника с учетом многолучевого распространения. Глубина замираний в канале может составлять до 40 дБ, что требует эквивалентного увеличения запаса мощности. Однако при этом появляются следующие проблемы: сильные межканальные помехи, усиление вредного воздействия высокочастотного излучения на организм человека быстрый разряд аккумулятора и увеличение размеров мобильной станции (МС). Таким образом, актуальны поиски методов надежной передачи данных, не связанные с чрезмерным увеличением мощности излучения. Рассмотрим методы компенсации искажений, вызванных многолучевым распространением.

Разнесенный прием (Diversity Reception). Метод разнесенного приема используется для выделения информации из нескольких сигналов, передаваемых по независимо замирающим путям, называемым ветвями разнесения.

В настоящее время одновременная передача одного и того же сигнала в двух и более диапазонах не применяется из-за нерационального использования частотного пространства, поэтому частотное разнесение реализуется расширением спектра в пределах выделенного диапазона частот.

Прямое расширение спектра методом модуляции кодовой последовательности (Direct Sequence Spread Spectrum–DS/SS). Метод заключается в расширении спектра путем умножения информационного битового сигнала на псевдослучайную последовательность с расширенным спектром. При этом на каждый бит сигнала приходится несколько бит модулирующей последовательности. Данный метод используется в стандарте CDMA [2].

Прямое исправление ошибок. Все вышеперечисленные методы позволяют избежать большой потери информации, однако возможна потеря нескольких бит. Для их восстановления применяется прямое исправление ошибок. Этот метод заключается в кодировании исходной информации путем добавления в нее проверочных бит, что позволяет восстановить потерю нескольких бит в канале связи. Помехоустойчивое кодирование применяется во всех цифровых системах связи.

Рассмотрим методы борьбы с одним из нежелательных эффектов многолучевого распространения – межсимвольной интерференцией.

Адаптивное выравнивание (Equalizing). Эквалайзер – это адаптивный фильтр, настраиваемый таким образом, чтобы сигнал на его выходе был в максимальной степени очищен от межсимвольных искажений, содержащихся во входящем сигнале.

Алгоритм Витерби. Алгоритм Витерби используется для приема сигналов, закодированных сверточными кодами. При сверточном кодировании текущая выходная n -битовая последовательность зависит не только от текущего входного символа, но и от предыдущих символов, находящихся в регистре сдвига кодера. Декодирование сверточных кодов существенно отличается от декодирования блочных кодов. При декодировании по Витерби в приемнике создается решетчатая диаграмма состояний, в которой заложены все варианты последовательностей, генерируемых сверточным кодером.

Принятая с ошибками последовательность сравнивается со всеми вариантами в решетчатой диаграмме. Вариант, который отличается от принятой последовательности на наименьшее расстояние в метрике Хемминга, считается истинным. Возможно совместное использование адаптивного выравнивания и алгоритма Витерби [3].

Простейшим эквалайзером является линейный адаптивный трансверсальный фильтр, изображенный на рис. 1.

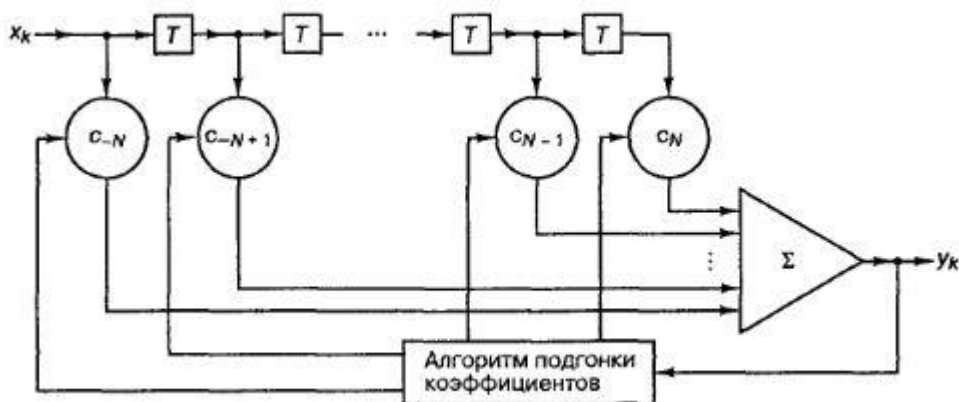


Рис. 1. Линейный адаптивный трансверсальный фильтр (эквалайзер)

На вход эквалайзера поступает основной сигнал и несколько сдвинутых на разное время задержки уменьшенных по амплитуде его копий. При определенных значениях весовых коэффициентов можно значительно уменьшить копии, являющиеся помехами. Для расчета коэффициентов используют обучающую цифровую последовательность, то есть последовательность, которая известна на приемной стороне. Сравнивая известную последовательность с последовательностью, содержащейся в принятом сигнале, можно рассчитать коэффициенты фильтра, сведя к минимуму наличие помех.

Библиографический список

1. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. М.: Вильямс, 2003. 1104 с.
2. Системы мобильной связи: учеб. пособие для вузов / В. П. Ипатов, В. К. Орлов, И. М. Самойлов, В. Н. Смирнов. М.: Горячая линия – Телеком, 2003. 272 с.
3. Столлингс В. Беспроводные линии связи и сети / Пер. с англ. М.: Вильямс, 2003. 640 с.

УДК 621.391.019.3(024)

Д. А. Аксенов

студент кафедры медицинской радиоэлектроники

С. И. Малинин – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

СИНТЕЗ ПОДОПТИМАЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ ПРИЕМА ЗАВИСИМЫХ СИГНАЛОВ

Настоящая работа посвящена разработке подоптимальных алгоритмов, позволяющих существенно упростить схему, реализующую правило приема, при сохранении достаточно высокой помехоустойчивости.

Пусть на вход приемника поступает сигнал вида [2, 3]:

$$Z'(t) = \mu S_{rc}(t, i, j) \cos \varphi + \mu S_{rs}(t, i, j) \sin \varphi + n(t), \quad (1)$$

$$0 \leq t \leq T,$$

где

$$S_{rc}(t, i, j) = U Z_r(t, i, j) \cos \omega t, \quad 0 \leq t \leq T; S_{rs}(t, i, j) = U Z_r(t, i, j) \sin \omega t, \quad 0 \leq t \leq T \quad (2)$$

– синфазная и квадратурная составляющие полезного сигнала; U , ω , φ – соответственно амплитуда, частота и фаза несущего колебания; $Z_r(t, i, j)$ – огибающая сигнала, несущая информацию о переданном информационном символе ($\theta_r^{(0)} = \pm 1, r = 1, 2$) и зависящая в общем случае от i -й комбинации предшествующих символов $i = 1, 2, \dots, I$ и j -й – последующих $j = 1, 2, \dots, J$; I, J – числа, определяющие количество возможных комбинаций предшествующих и последующих символов ($I = 2^l, J = 2^m$; l, m – количество учитываемых предшествующих и последующих символов соответственно); $n(t)$ – аддитивный белый шум с нулевым средним и дисперсией $\overline{n(t_1)n(t_2)} = \frac{v^2}{2} \delta(t_1 - t_2)$; v^2 – односторонняя спектральная плотность средней мощности шума. При когерентном приеме, не умаляя общности, можно положить начальную фазу $\varphi = 0$, тогда (1) перепишем в виде:

$$Z'(t) = \mu S_{rc}(t, i, j) + n(t), \quad 0 \leq t \leq T. \quad (3)$$

Требуется синтезировать простой алгоритм приема зависимых сигналов (3) при сохранении помехоустойчивости близкой к помехоустойчивости алгоритма ОМП. В соответствии с обобщенным критерием максимального правдоподобия, решение о передаче информационного символа $\theta_r^{(0)}$ принимается при выполнении неравенства:

$$\max_{i,j} \left[\int_0^T Z'(t) S_{lc}(t, i, j) dt - \frac{\mu}{2} \int_0^T S_{lc}^2(t, i, j) dt \right] >$$

$$\max_{i,j} \left[\int_0^T Z'(t) S_{rc}(t, i, j) dt - \frac{\mu}{2} \int_0^T S_{rc}^2(t, i, j) dt \right], \quad (4)$$

$i = 1, 2, \dots, I; j = 1, 2, \dots, J$.

Для простейшего случая зависимых сигналов, когда учитывается только один предшествующий символ, модулирующий сигнал $Z_r(t, i, j)$ удобно записать в виде:

$$Z_r(t, i) = b_1(t) \frac{\theta_r^{(0)} + \theta_r^{(-1)}}{2} + b_2(t) \frac{\theta_r^{(0)} - \theta_r^{(-1)}}{2}, \quad 0 \leq t \leq T, \quad (5)$$

где $\theta_{ii}^{(-1)}$ – информационный символ предшествующей посылки $\left(\theta_{ii}^{(-1)}\right) = \pm 1$; $b_1(t)$, $b_2(t)$ – функции, определяющие форму сигнала на интервале $0 \leq t \leq T$ в зависимости от соотношения знаков предшествующего и принимаемого в данный момент информационных символов.

Реализация алгоритма (4) с учетом (5) в общем случае представляется достаточно сложной. Упростим алгоритм (4):

$$\frac{\partial}{\partial \theta_{ii}^{(-1)}} \left[\int_0^T Z'(t) S_{rc}(t, i) dt - \frac{\mu}{2} \int_0^T S_{rc}^2(t, i) dt \right] = 0. \quad (6)$$

Решая уравнение правдоподобия (6) с учетом (5) относительно $\theta_{ii}^{(-1)}$, находим оценку:

$$\hat{\theta}_{ii}^{(-1)} = \frac{\int_0^T (Z'(t) - \mu S_{rc1}(t)) (b_1(t) - b_2(t)) \cos \omega t dt}{\frac{\mu U}{4} \int_0^T (b_1(t) - b_2(t))^2 dt}, \quad (7)$$

где

$$S_{rc1}(t) = U Z_{r1}(t) \cos \omega t, \\ Z_{r1}(t) = \frac{\theta_r^{(0)}}{2} (b_1(t) + b_2(t)).$$

Покажем, что оценка $\hat{\theta}_{ii}^{(-1)}$ является не смещенной, то есть $\overline{\hat{\theta}_{ii}^{(-1)}} = \theta_{ii}^{(-1)}$. Для этого подставим (3) с учетом (2) и (5) в (7) и проведем усреднение.

При этом:

$$\overline{\hat{\theta}_{ii}^{(-1)}} = \frac{\frac{\mu U \theta_{ii}^{(-1)}}{2} \int_0^T [(b_1(t) - b_2(t)) \cos \omega t + \overline{n(t)}] (b_1(t) - b_2(t)) \cos \omega t dt}{\frac{\mu U}{2} \int_0^T (b_1(t) - b_2(t))^2 \cos^2 \omega t dt}$$

Учитывая, что $\overline{n(t)} = 0$, получим:

$$\overline{\hat{\theta}_{ii}^{(-1)}} = \theta_{ii}^{(-1)}.$$

Преобразуем алгоритм (4) с учетом оценки (7) к виду:

$$\int_0^T Z'(t) (S_{lc}(t, \hat{i}) - S_{rc}(t, \hat{i})) dt - \frac{\mu}{2} \int_0^T (S_{lc}^2(t, \hat{i}) - S_{rc}^2(t, \hat{i})) dt \underset{<}{>} 0, \quad (8)$$

где $S_{rc}(t, \hat{i})$ – форма синфазной составляющей сигнала (2) с учетом оценки (7). Поставляя в алгоритм (8), оценку (7), после преобразований получаем правило принятия решения:

$$\eta = \int_0^T \left[Z'(t) \cos \omega t - \frac{\mu U}{2} \right] \left[\left(1 - \frac{A}{B}\right) b_1(t) + \left(1 + \frac{A}{B}\right) b_2(t) \right] dt \underset{<}{>} 0, \quad (9)$$

где

$$A = \int_0^T (b_1^2(t) - b_2^2(t)) dt, \quad B = \int_0^T (b_1(t) - b_2(t))^2 dt.$$

Установлено, что при скорости передачи, близкой к скорости Найквиста, синусоидальный сигнал длительностью, равной половине периода, мало отличается от оптимального с точки зрения удельных затрат полосы частот [1, 4]. Поэтому в качестве функций $b_1(t)$ и $b_2(t)$ удобно выбрать следующие:

$$\begin{cases} b_1(t) = 1, & 0 \leq t \leq T, \\ b_2(t) = \sin \frac{\pi \left(t - \frac{T}{2} \right)}{T}, & 0 \leq t \leq T. \end{cases} \quad (10)$$

Эти сигналы на интервале анализа $0 \leq t \leq T$ являются биортогональными, достаточно просто реализуются и обладают хорошими свойствами с точки зрения ограничения спектра и помехоустойчивости [1].

С использованием функций (10), алгоритм (9) принимает вид:

$$\eta = \int_0^T \left[Z'(t) \cos \omega t - \frac{\mu U}{2} \right] \left[1 + 2 \sin \frac{\pi \left(t - \frac{T}{2} \right)}{T} \right] dt \begin{matrix} > 0 \\ < 0 \end{matrix}. \quad (11)$$

Правило (11) можно представить схемой, изображенной на рис. 1. Основными элементами этой схемы являются два согласованных фильтра, включенных параллельно. Причем, первый фильтр согласован с прямоугольным импульсом на интервале $0 \leq t \leq T$, а второй – с синусоидальным импульсом:

$$b_2(t) = \sin \frac{\pi \left(t - \frac{T}{2} \right)}{T}, \quad 0 \leq t \leq T.$$

На выходе согласованных фильтров сигналы складываются с соответствующими весовыми коэффициентами $K1 = 1$ и $K2 = 2$. По знаку результирующего напряжения на выходе сумматора принимается решение о значении информационного символа $\hat{\theta}_r = \pm 1$.

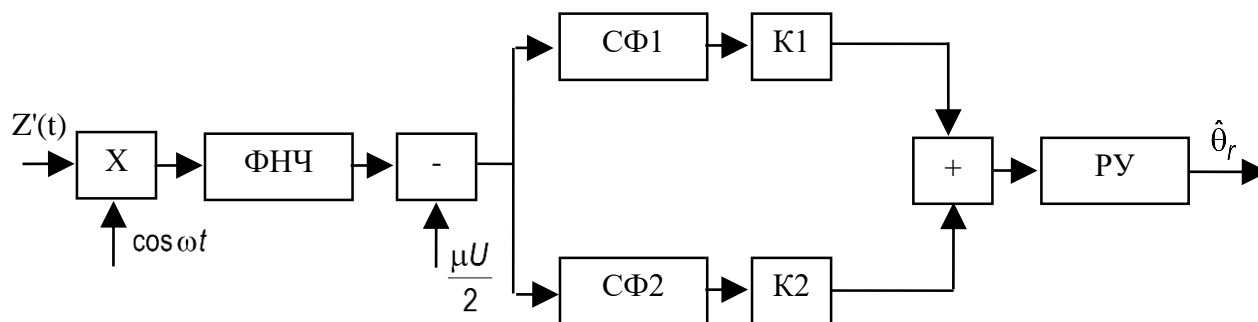


Рис. 1

Отметим, что эта схема аналогична схеме, полученной в [1]. Однако там отсутствуют весовые коэффициенты $K1$ и $K2$.

Библиографический список

1. Макаров С. Б., Цикин И. А. Передача дискретных сообщений по радиоканалам с ограниченной полосой пропускания. М.: Радио и связь, 1988. 304 с.
2. Выболдин Ю. К., Малинин С. И. Алгоритмы подоптимального приема зависимых сигналов в канале с неограниченной полосой // Научная сессия ГУАП. Ч. II. СПб., 2017.
3. Андронов И. С., Кривошейкин А. В., Малинин С. И. Помехоустойчивость сигналов в системе текстового вещания. Радиотехника, 1995. № 12.

УДК 621.391.019.3(024)

Д. А. Аксенов

студент кафедры медицинской радиоэлектроники

С. И. Малинин – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

АНАЛИЗ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ПОДОПТИМАЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ ПРИЕМА ЗАВИСИМЫХ СИГНАЛОВ

Проведен сравнительный анализ помехоустойчивости подоптимальных алгоритмов, синтезированных в работе [2]. Построены графики зависимости средней вероятности ошибок от отношения сигнал шум. Показано, что использование подоптимальных алгоритмов дает возможность существенного упрощения схемы при сохранении достаточно высокой помехоустойчивости.

В работе [2] рассмотрен синтез подоптимальных алгоритмов приема зависимых сигналов. Применение специальных сигналов, а именно – зависимых, энергия которых локализована в заданной частотно – временной области, позволяет удовлетворить двум взаимно естественно противоречивым требованиям – сократить до требуемого предела полосу частот, занимаемую сигналом, и в то же время сохранить высокую помехоустойчивость приема.

Найдем среднюю вероятность ошибки элементарного приема по правилу (9)–(11) [2]. Будем считать, что появление информационных символов $\theta_r^{(0)} = +1$ и $\theta_r^{(0)} = -1$ имеет одинаковую вероятность. Тогда вероятность ошибок определяется выражением:

$$P_{\text{ш}} = P(\eta < 0 | \theta_r = +1), \quad (1)$$

которое характеризует вероятность того, что $\eta < 0$ при передаче информационного символа $\theta_r = +1$. При сделанных предположениях относительно характера помех, величина η будет нормально распределенной случайной величиной со средним значением $\bar{\eta}$ и дисперсией σ^2 , а вероятность ошибок (1) определится следующей формулой [4]:

$$P_{\text{ш}} = \frac{1}{2} \left[1 - \Phi \left(\frac{\bar{\eta}}{\sigma} \right) \right], \quad (2)$$

где $\Phi(x) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ – функция Крампа.

Найдем среднее значение $\bar{\eta}$ и дисперсию σ^2 . Для нахождения $\bar{\eta}$ подставим в (9) выражение (3) [2] и произведем усреднение. После некоторых преобразований, находим:

$$\bar{\eta} = \frac{\mu U}{4} \left[\int_0^T (b_1(t) + b_2(t))^2 dt - \frac{A^2}{B} \right]. \quad (3)$$

Учитывая, что $\overline{n(t_1)n(t_2)} = \frac{\nu^2}{2} \delta(t_1 - t_2)$, аналогично находим выражение для дисперсии:

$$\sigma^2 = \overline{(\eta - \bar{\eta})^2} = \frac{\nu^2}{4} \left[\int_0^T (b_1(t) + b_2(t))^2 dt - \frac{A^2}{B} \right]. \quad (4)$$

Подставляя (10) [2] в (3) и (4), перепишем выражение (2) в виде:

$$P_{\text{ош}} = \frac{1}{2} \left[1 - \Phi \left(\sqrt{\frac{2}{3}} h \right) \right], \quad (5)$$

где $h^2 = \frac{\mu^2 U^2 T}{2\nu^2}$ – отношение энергии несущей на интервале T на входе приемника к спектральной плотности средней мощности шума.

При сравнении теоретических зависимостей, выведенных для оптимальных алгоритмов без учета ограничений на полосу канала с экспериментальными зависимостями при наличии на входе приемника полосового фильтра удобно в качестве отношения сигнал/шум использовать величину $h_1 = \sqrt{\frac{P_c}{P_{\text{ш}}}}$, где $P_c = \frac{\mu^2 U^2}{2}$ – h^2 мощность несущего колебания на входе приемника; $m_{\text{ш}} = v^2 F_{\text{ш}}$ – мощность шума в шумовой полосе полосового фильтра $F_{\text{ш}}$. Величина h и h_1 связаны между собой соотношением $h = h_1 \sqrt{F_{\text{ш}} T}$. При выбранной скорости передачи информации $v = \frac{1}{T}$, близкой к скорости Найквиста для эквивалентного низкочастотного канала, величина $F_{\text{ш}} \cdot T \approx 1$ и $h \approx h_1$.

На рис. 1 представлены зависимости вероятности ошибок от отношения сигнал/шум. По оси абсцисс отложено отношение мощности сигнала к мощности шума h^2 , выраженное в децибелах, а по оси ординат значения вероятности ошибок в логарифмическом масштабе.

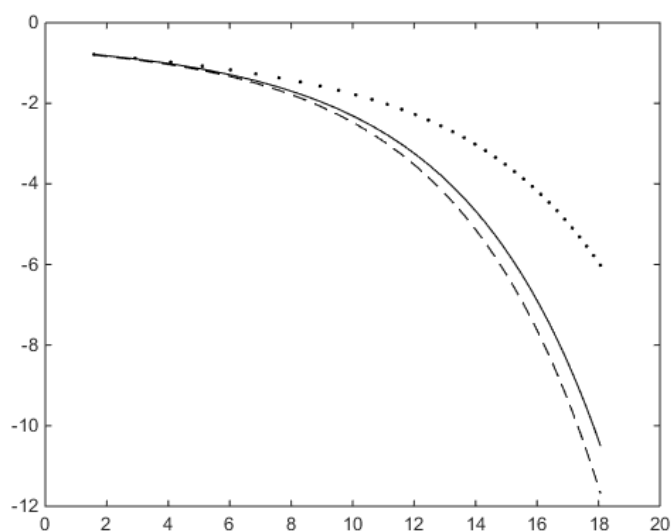


Рис. 1

Сплошная кривая на рис. 1 изображает зависимость, полученную в настоящей работе по формуле (5). На том же рис. приведены полученные в [1] зависимости $P_{\text{ош}}(h^2)$ для приближенного алгоритма по критерию максимального правдоподобия (4.30) (кривая, изображенная точками) и для алгоритма с использованием обратной связи по решению (4.37) (кривая, изображенная пунктиром). Из сравнения представленных кривых следует, что алгоритм (11) [2] существенно (порядка 3 дБ при $P_{\text{ош}} = 10^{-6}$) выигрывает по сравнению с приближенным алгоритмом МП [1]. При этом его реализация отличается от приближенного алгоритма лишь добавлением двух весовых коэффициентов K_1 и K_2 последовательно с согласованными фильтрами. Реализация алгоритма с обратной связью по решению (ОСР) (4.26) [1] представляется достаточно сложной. Реализация предложенного в настоящей работе алгоритма, при своей простоте, лишь незначительно (порядка 0,5 дБ при $P_{\text{ош}} = 10^{-6}$) проигрывает по энергетическим затратам алгоритму с ОСР.

Библиографический список

1. Макаров С. Б., Цикин И. А. Передача дискретных сообщений по радиоканалам с ограниченной полосой пропускания. М.: Радио и связь, 1988. 304 с.
2. Аксенов Д. А., Малинин С. И. Синтез подоптимальных алгоритмов приема зависимых сигналов. – В печати.
3. Выболдин Ю. К., Малинин С. И. Алгоритмы подоптимального приема зависимых сигналов в канале с неограниченной полосой // Научная сессия ГУАП. Ч. II. СПб., 2017.
4. Финк Л. М. Теория передачи дискретных сообщений. М.: Сов. радио, 1970.

УДК 535.321:53.07:615.065

И. А. Алексиевич

студент кафедры медицинской радиоэлектроники

Е. Н. Котликов – доктор физико-математических наук, профессор

УСТРОЙСТВО ДЛЯ НЕИНВАЗИВНОГО ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ГЛЮКОЗЫ В ЖИДКОСТИ ПО СПЕКТРАМ ПРОПУСКАНИЯ И РАССЕИВАНИЯ

Введение

Основным фактором предупреждения заболевания и контроля состояния больного является измерение уровня глюкозы в крови. Различают инвазивные и неинвазивные методы измерения уровня сахара в крови больного или здорового человека [1].

Неинвазивный метод заключается в исследовании, во время которого для измерения уровня глюкозы в крови нет необходимости в нарушении целостности тканей, связанных. Это почти полностью устраняет риск заражения инфекцией или микробами через прокол. Кроме того, применение глюкометра в поездке или на ходу значительно упрощается. Для решения проблемы предупреждения и контроля СД необходимо использовать портативное и удобное в использовании устройство, которое может отслеживать уровень глюкозы в крови без инвазивного вмешательства. Проблема определения концентрации глюкозы неинвазивным методом в крови в настоящее время решена недостаточно [2].

Рассмотрим обоснование возможность создания прибора на основе спектрофотометрического метода, позволяющего проводить измерения сахара крови неинвазивным методом.

Для определения возможности использования спектрофотометрического метода измерения содержания глюкозы производились исследования спектров прошедшего и рассеянного света, проходящего через кювету с раствором глюкозы.

В прошлой научной статье было выявлено, что максимальный пик поглощения глюкозы находится на длине волны 980 нм [3].

Далее при обработке производилась нормировка всех спектров в области отсутствия поглощения излучения глюкозой (800 нм). После нормировки строились графики зависимости пропускания в области пика поглощения глюкозой (980 нм).

Результаты измерений отнормированного спектра поглощения глюкозы в диапазоне длин волн, соответствующих максимальному пику поглощения (от 950 до 1000 нм) приведены на рис. 1. На оси Y откладывается зависимость амплитуды коэффициента пропускания в относительных единицах. $T(C_0C_i)$, где C_0 – текущая длина волны, а C_i – концентрация глюкозы в исследуемом растворе. Ряд 1 соответствует концентрации $C_0 = 0$, а в последующих рядах концентрация увеличивается. По оси X откладывается длина волны.

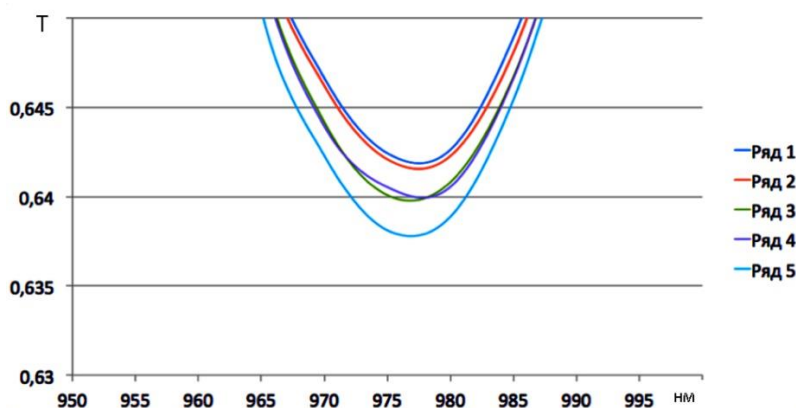


Рис. 1. Спектры поглощения света глюкозой

На рис. 2 приведена зависимость амплитуды разности коэффициента пропускания C_0-C_i от концентрации глюкозы в растворе в области максимального поглощения. По оси Y откладываются значения амплитуды сигнала, а по оси X откладываются значения ммоль/литр.

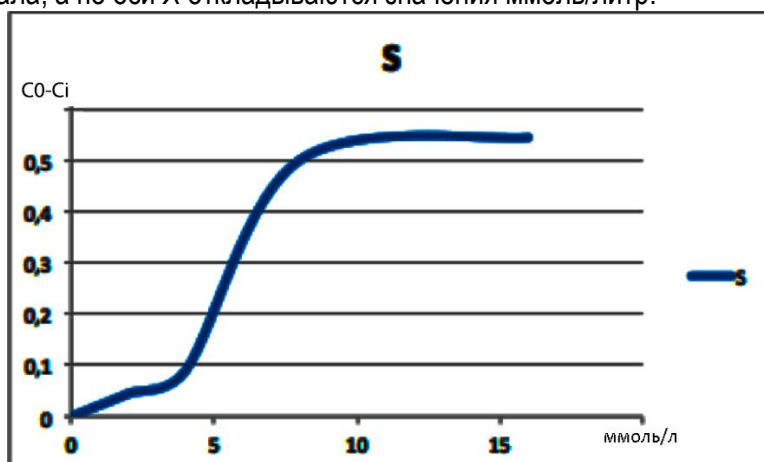


Рис. 2. Зависимость амплитуды сигнала от концентрации глюкозы

Приведенные спектры показывают, что при содержании сахара в растворе на длине волны 980 нм появляется пик поглощения. При использовании компенсационного метода: сравнение спектров на длине волны 980 нм, где есть пик поглощения сахаром, со спектрами на длине волны 800 нм, где нет пика поглощения, находилась зависимость C_i-C_0 . Таким образом, проведенный анализ спектров показывает принципиальную возможность измерения сахара в крови оптическим методом по спектрам рассеивания и пропускания.

Рассмотрим предлагаемый вариант неинвазивного глюкометра базирующегося на выше описанном спектрофотометрическом методе определения концентрации глюкозы.

В методе измерения сахара крови предлагается использовать 2 канала: основной-для измерения рассеянного излучения от молекул глюкозы на длине волны 980 нм и реперный – для измерения рассеянного излучения от молекул воды на длине волны 800 нм.

На рис. 3 представлены основные блоки экспериментального прибора.

Она включает в себя: 1 – блок излучения, состоящий из схемы управления излучением светодиода и самих светодиодов; 2 – блок приема излучения который состоит из интерференционных фильтров, фотоприемников и схемы усиления сигнала; 3 – блок анализа состоит из импульсного микровольтметра/осциллографа.

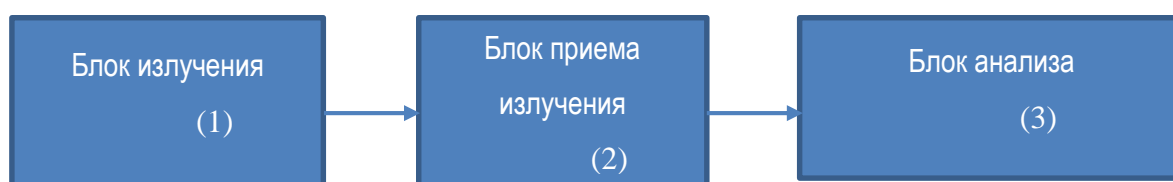


Рис. 3. Блок-схема прибора для неинвазивного измерения уровня глюкозы

Рассмотрим работу предлагаемого прибора. Схема управления генерирует импульсы, которые подаются на ИК светодиоды. Излучение от светодиодов, пройдя через объект изучения попадает через интерференционные фильтры на фотодетекторы. Фильтры пропускают только определенные длины волн: в нашем случае 980 нм и 800 нм. Это излучение генерирует напряжение на выходах фототранзисторов. Напряжение подается на усилитель. Значение напряжения, снятого на выходах, отображается на дисплее микровольтметра или осциллографа.

Рассмотрим принципиальную схему прибора, которая показана на рис. 4.

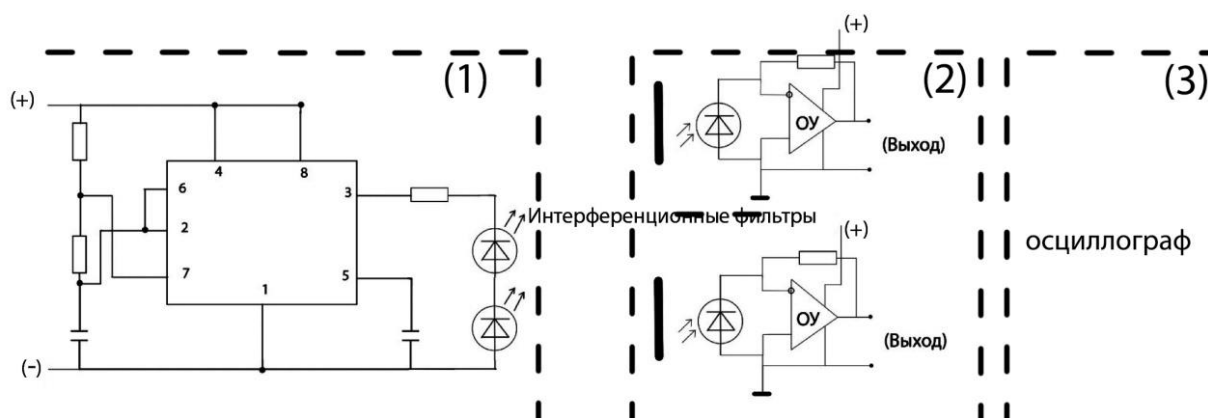


Рис. 4. Принципиальная схема прибора

Схема блока излучения (1) построена на таймере NE555 и предназначена для генерирования импульсов, подаваемых на светодиод. Светодиоды необходимы для получения инфракрасного излучения в большом диапазоне длин волн (предварительно предлагается использовать несколько светодиодов с разными длинами волн).

Рассмотрим блок приема излучения (2). Он включает в себя интерференционные фильтры (на 800 и 980 нм), которые необходимы для пропускания требуемых длин волн к фототранзисторам. Фототранзисторы необходимы для измерения сигнала на выделенной длине волны.

Далее идет схема усиления сигнала, предназначенная для усиления аналогового сигнала с выходов фототранзисторов.

Схема обработки сигнала (3). Сигнал с выходов поступает на дифференциальную схему регистрации и обработки сигналов. Данный блок предназначен для отображения результатов измерений.

Выводы

Проведены исследования спектров поглощения (рассеивания) раствора глюкозы.

Показано, что есть принципиальная возможность определения концентрации сахара в крови спектрофотометрическим методом по поглощению в области 980 нм.

Для нахождения концентрации сахара предлагается использовать компенсационный метод по сравнению спектров на длинах волн 800 и 980 нм.

Предложена принципиальная схема прибора, работающего по неинвазивному методу.

Библиографический список

1. Назина Ю. В. Сахарный диабет. Воронеж: Научная книга, 2008. 180 с.
2. Надежные глюкометры для дома: сравнение видов и их особенности. URL: <http://diabetiky.com/glyukometry/vidy-i-tipy.html> (дата обращения: 12.04.2019).
3. Алексеевич И. А., Котликов Е. Н. Определение концентрации глюкозы по спектрам пропускания и рассеивания. СПб.: ГУАП, 2016.

УДК 76.13.15

А. С. Ахлебинина

студентка кафедры медицинской радиоэлектроники

Е. А. Лебедева – доцент, кандидат технических наук – научный руководитель**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ ВИДЕОЭНДОСКОПОВ**

На сегодняшний день, в медицине огромное место занимает вопрос улучшения диагностики и лечения онкологических заболеваний. Особенно это касается эндоскопии. Диагностирование и лечение раннего рака пищевода, желудка, тонкой и толстой кишки, центрального рака легкого, все это 52% всех локализаций рака человека и этим занимается эндоскопия [1].

Проведение любой диагностики в эндоскопии невозможно без эндоскопов. На настоящий момент, единственным производителем эндоскопов в России является АО «ЛОМО». Эндоскопы данного производителя несовершенны и имеют некоторые ограничения, среди которых выявляется проблема качества получаемого изображения.

По этой причине целью данной магистерской диссертации является исследование и выбор параметров, характеризующих качество изображения, и разработка проектов методик объективного контроля качества изображения в видеоэндоскопе производства АО «ЛОМО».

При проектировании оптических систем приборов обычно оптимизируются расчетным путем следующие параметры: функция рассеяния точки или линии (ФРТ или ФРЛ); частотно-контрастные характеристики (ЧКХ); функции концентрации энергии (ФКЭ); разрешающая способность (лин/мм); геометрические аберраций в том числе хроматические (в единицах длины); светораспределение (%); цветопередача (цветовые координаты, цветовое различие и пр.); перспективные искажения.

В настоящее время на АО «ЛОМО» все эти характеристики рассчитываются, но не все измеряются. Оценка качества изображения проводится визуально в соответствии с техническими условиями, где обычно дается сравнение с эталонным образцом. Однако современный уровень развития техники требует нового подхода к оценке качества изображения с учетом мировых достижений в данной области, корректировке имеющихся методик контроля и разработке новых.

Поэтому для решения поставленных задач был выполнен анализ существующих материалов и методик оценки качества изображения. В ходе этого анализа было выявлено, что в алгоритм объективной оценки изображения, мы можем включить расчет контраста и резкости изображения. На рис. 1 представлен график зависимости контраста изображения от количества штрихов, полученный на примере штриховой миры.

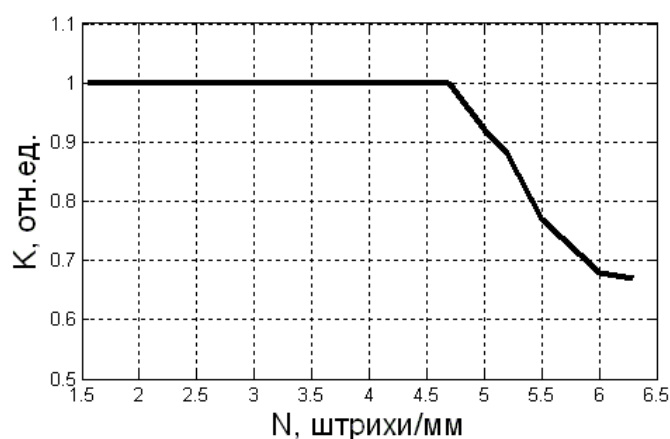
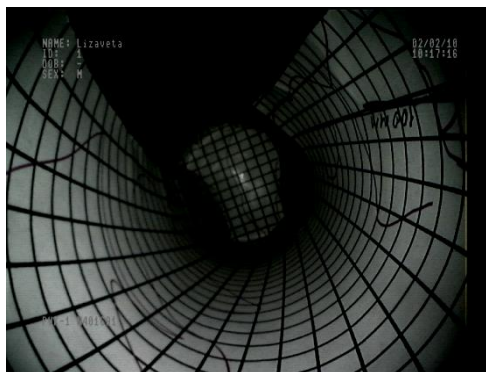


Рис. 1. График зависимости контраста от количества штрихов миры

Для улучшения качества изображения возможно использование как аппаратных средств, так и методов работы с цифровым изображением, при помощи которых можно устранить неравномерность светораспределения по полю, поправить цветопередачу, по необходимости провести выравнивание гистограммы яркостей и гамма коррекцию (рис. 2, 3), выполнить деконволюцию (рис. 4).

а)



б)

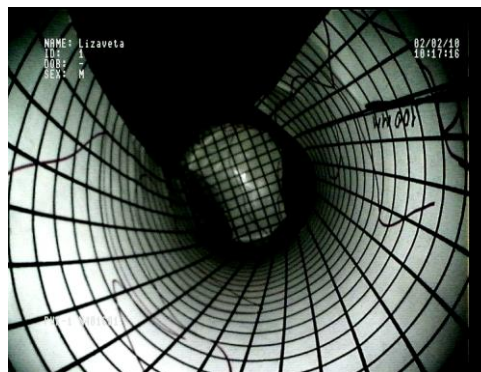
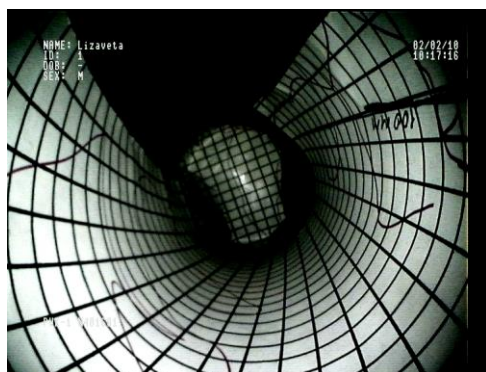


Рис. 2. Выравнивание гистограмм: исходное изображение (а); изображение на выходе (б)

а)

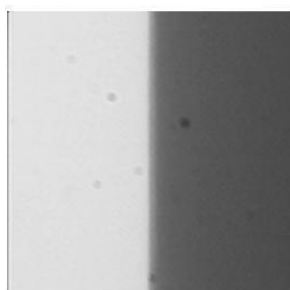


б)



Рис. 3. Гамма-коррекция изображения:
исходное изображение (а); изображение на выходе (б)

а)



б)

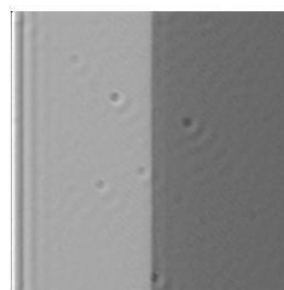


Рис. 4. Пример деконволюции изображения края полуплоскости:
а) исходное изображение; б) результат деконволюции

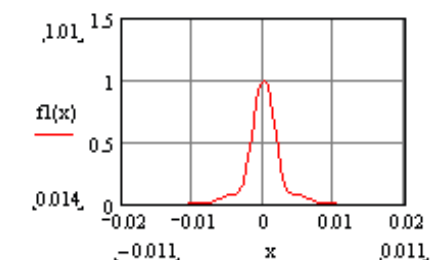
По результатам обзора литературы было принято решение остановиться на методе пограничной кривой, как на основном методе контроля качества изображения в эндоскопии.

Для реализации этого метода использовался тест-объект в виде края полуплоскости, т. к. известно [2], что производная функции светораспределения в изображении края полуплоскости (пограничная кривая) дает ФРЛ. Свертка ФРЛ с идеальным изображением шпальной или синусоидальной

миры дает их изображение в реальной системе. По ним можно построить график МПФ, «плоский» вариант которой может быть получен также в результате Фурье-преобразования ФРЛ. Суммирование двух сдвинутых друг относительно друга ФРЛ позволяет определить разрешающую способность, а через интегрирование ФРЛ определяется функция концентрации энергии в изображении линии (ФКЭ) и пр.

Не менее важна и вторая производная от пограничной кривой для оценки качества изображения. При вероятностном подходе вторая производная определит коэффициент асимметрии (рис. 5) и укажет на присутствие, например аберрации кома.

а)



б)

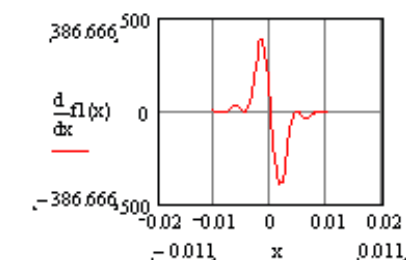


Рис. 5: а – ФРТ по интенсивности светового поля; б – коэффициент асимметрии

Подводя итог вышеизложенному, нами был предложен новый алгоритм оценки качества изображения, который состоит из нескольких этапов:

1 этап – оценка качества изображения объектива. На данном этапе осуществляется субъективный контроль качества изображения, создаваемого объективом, методиками, которые были рассмотрены ранее и подробно описаны в магистерской диссертации. Если объектив прошел проверку, его отправляют дальше, для сборки видеомодуля, если нет – в брак;

2 этап – контроль качества изображения видеомодуля, который состоит из объектива и матрицы. На этом этапе исследуют разрешающую способность видеомодуля на разных расстояниях и проводят проверку качества установки матрицы. Если видеомодуль соответствует требованиям, дальше его устанавливают в эндоскоп, если нет, то происходит доработка объектива;

3 этап включает в себя:

- использование метода пограничной кривой, применение которого позволяет измерить такие параметры как ФРЛ и ФКЭ;
- включение в контроль получаемого изображения расчет контраста и резкости изображения;
- использование, как аппаратных средств, так и методов работы с цифровым изображением.

Применение этого алгоритма при оценке качества изображения видеозондоскопов позволит объективно проводить оценку качества изображения видеозондоскопа, а использование аппаратных средств обработки изображений, при включении их в видеозондоскопическую систему, даст возможность решить проблему получения высокодетального изображения видеозондоскопов производства АО «ЛОМО».

Библиографический список

1. Подлипаева С. Г. Диагностика злокачественных образований желудка // Клиническая эндоскопия. 2018. № 5. С. 12–15.
2. Пытьев Ю. П. Методы морфологического анализа изображений. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. 336 с.

УДК 76.13.15

И. А. Бабко

студент кафедры медицинской радиоэлектроники

Б. С. Гуревич – доктор технических наук, профессор – научный руководитель

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ИНТЕРФЕЙС ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ДЛЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФА СВЕРХВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

Электрокардиография – методика регистрации и исследования электрических полей, образующихся при работе сердца. Электрокардиография представляет собой относительно недорогой, но ценный метод электрофизиологической инструментальной диагностики в кардиологии.

При работе сердца образуются электрические поля, качества которых можно регистрировать с помощью специального прибора – электрокардиографа. Работа электрокардиографа основана на принципе регистрации электрических импульсов, возникающих при работе сердца. Прибор регистрирует эти биопотенциалы и позволяет наглядно представить работу главного органа человека.

Методы электрокардиографии постоянно совершенствуются, но все равно имеют ряд недостатков. Несмотря на огромный прогресс в разработке новых методов диагностики и терапии, различные патологии сердечно – сосудистой системы представляют большую опасность для жизни человека. Ишемическая болезнь сердца (ИБС) является ведущей причиной смертности и инвалидизации трудоспособного населения в большинстве стран мира.

Следствием разработок по преодолению недостатков методов электрокардиографии и предполагая дальнейшее развитие тенденции повышения разрешающей способности аппаратных, алгоритмических и программных средств анализа тонкой структуры электрокардиосигнала (ЭКС), стало появление нового метода – электрокардиографии сверхвысокого разрешения (ЭКГ СВР). Метод ЭКГ СВР не только объединяет в себе возможности всех других методов, но и превосходит их в области регистрации, обработки и анализа низкоамплитудных высокочастотных составляющих ЭКС. Такие составляющие ЭКС содержат важные данные о нормальной и патологической электрофизиологии сердца, о протекающих в нем нормальных физиологических процессах и о развитии патологических явлений.

Для реализации электрокардиографии сверхвысокого разрешения с 2010 г. коллективом сотрудников кафедры медицинской радиоэлектроники ГУАП, кафедры патофизиологии Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И. П. Павлова и Института экспериментальной медицины Федерального Центра сердца, крови и эндокринологии им. В. А. Алмазова, на специальных лабораторных макетах, разработанных в Научно-образовательном центре «Биомедицинской радиоэлектроники и информатики» (НОЦ БРЭИ, ГУАП, СПб), проводятся совместные исследования, посвященные поиску новых ЭКГ-маркеров процесса развития ишемического повреждения миокарда у подопытных животных.

Исследования на подопытных животных однозначно подтвердили возможность фиксации методом ЭКГ СВР начала развития ишемии на более ранней стадии, чем это возможно при использовании существующих ЭКГ-методик.

По причине того, что лабораторные макеты не имеют пользовательского интерфейса, возникает необходимость его разработки.

Для того чтобы разработать интерфейс передачи данных для электрокардиографа сверхвысокого разрешения, возникла необходимость решения следующих задач:

- Разработка программы для приема данных с цифрового электрокардиографа сверхвысокого разрешения на персональный компьютер по Bluetooth.
- Разработка простейшего протокола передачи данных (символьный или бинарный). Программа должна иметь минимальный пользовательский интерфейс для управления процессом записи файлов.

Для передачи данных от электрокардиографа сверхвысокого разрешения к персональному компьютеру планируется использование Bluetooth модуля HC-05.

HC-05 имеет следующие характеристики:

- Вся настройка – через UART.

- Чип Bluetooth: HC-05(BC417143).
- Диапазон частот радиосвязи: 2,4–2,48 ГГц.
- Мощность передачи: 0,25–2,5 мВт.
- Чувствительность: –80 dBm.
- Напряжение питания: 3,3–5 В.
- Потребляемый ток: 50 мА.
- Радиус действия: до 10 м.
- Интерфейс: последовательный порт.
- Режимы: master, slave.
- Температура хранения: –40...85 °С.
- Рабочий диапазон температур.
- Габариты: 27 x 13 x 2,2 мм.



Рис. 1. Bluetooth модуля HC-05

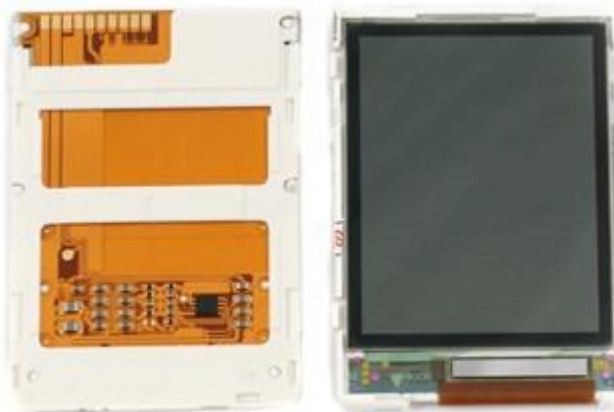


Рис. 2. Дисплей siemens MK 65

Для отображения вводимых данных планируется использование дисплея Siemens SK 65. Такой дисплей при своей недорогой цене имеет высокую надежность и простоту установки.

Всего дисплей имеет 10 контактов:

1. RS – сигнал переключения команда / данные.
2. RESET – сигнал сброса дисплея.
3. CS – сигнал выбора устройства SPI.
4. CLK – тактовый сигнал SPI.
5. DAT – сигнал MOSI SPI.
6. 2. 9 V и 1. 8 V – питание дисплея.

7. LED+, LED_GND – питание и земля цепи подсветки.

8. GND – земля дисплея.

Для разработки простейшего протокола передачи данных, планируется использование следующих программных сред: Visual Studio и Matlab.

Таким образом, решение поставленных задач, с использованием элементной базы, позволит решить вопрос с интерфейсом для электрокардиографа сверхвысокого разрешения.

Библиографический список

1. От струнного гальванометра до электрокардиографии сверхвысокого разрешения / К. В. Зайченко, А. В. Зяблицкий, А. И. Краснова, Т. В. Сергеев // Биомедицинская радиоэлектроника. 2010. № 9. С. 62–78.

2. Гуляев Ю. В., Зайченко К. В. Электрокардиография сверхвысокого разрешения. Задачи. Проблемы. Перспективы // Биомедицинская радиоэлектроника. 2013. N 9. С. 5–16.

3. Зайченко К. В., Галагудза М. М. Экспериментальные исследования на животных с использованием ЭКГ сверхвысокого разрешения как этап создания методологии и инструментария функциональной электрокардиографии ишемии // Биомедицинская радиоэлектроника. 2013. N 9. С. 17–24.

4. Boyle D., Carson P., Hamer D. High Frequency Electrocardiography in Ischsemic Heart Disease Brit Heart J., 1966. P. 28, 539.

5. Янушкевичус З. И., Чирейкин Л. В., Пранявичус А. А. Дополнительно усиленная кардиограмма. Л.: Медицина. 1990. 192 с.

УДК 681.847.2

К. Д. Бессонов

студент кафедры медицинской радиоэлектроники

К. К. Томчук – кандидат технических наук – научный руководитель**ЦИФРОВОЙ ДИКТОФОН НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ: ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ**

Задачей данного проекта является создание цифрового диктофона (ЦД) на микроконтроллере (МК) для реализации возможности записи речевого сигнала с приемлемым качеством на носитель (в данном проекте носителем является карта памяти microSD). МК ATmega328p является оптимальным выбором в силу малого потребляемого тока как в рабочем режиме, так и в режиме ожидания. Также удобным обстоятельством является возможность использовать плату Arduino UNO в качестве программатора. Стоит отметить, что, несмотря на работу в среде Arduino, встроенные в нее функции не использовались; в проект включены две библиотеки: библиотека для коммуникации с SD накопителем и библиотека со структурой пустого звукового файла формата «WAV», первая взята со стороннего сайта, вторая написана в рамках проекта.

Самый простой способ управления техникой – голосовой. Практически все смартфоны оснащены системой голосового управления, которая позволяет делать запросы в Интернете, осуществлять звонки – то есть управлять работой устройства. Подобные технологии сейчас начинают использоваться и в автомобиле, в системах «Умный дом». Но в независимости от сферы применения первым звеном любой системы голосового управления является устройство, записывающее человеческую речь на электронный носитель. Настоящий проект – реализация данного блока, но в отличие от готовой продукции, данный проект предоставляет пользователю возможность детальной настройки, то есть адаптации под конкретные нужды.

Сложности реализации состоят в следующем: создание на входе аналого-цифрового преобразователя (далее АЦП) МП достаточного уровня сигнала, совмещение скорости потока сэмплов с АЦП и скорости записи на SD накопитель, устранение сторонних помех.

Проблема недостаточного уровня входного сигнала решена с помощью установки микрофонного модуля FC-109, который усиливает сигнал встроенного электретного микрофона на 20 дБ. АЦП МП способен воспринимать только положительные сигналы, для чего в схему вводится делитель напряжения на резисторах R1 и R2 (рис. 1), сдвигающий сигнал на половину напряжения питания.

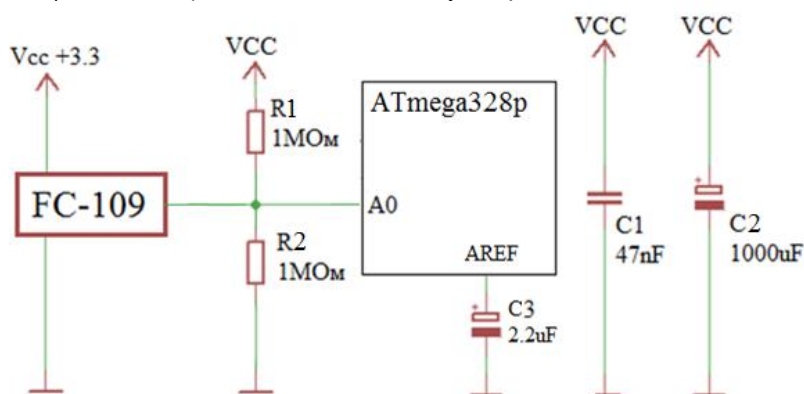


Рис. 1. Упрощенная принципиальная схема ЦД

Проблема несовпадения скоростей оцифровки и записи решена применением наиболее «быстрой» библиотеки для работы с SD картами SdFat-1.0.16[1] (тестировалось несколько библиотек: стандартная библиотека Arduino [2], SdFat-1.0.16, SdFs-master [3]) и уменьшения частоты дискретизации (ЧД) до 8000 Гц, что является общеизвестным стандартом для передачи речи [4]. Помимо того что ЧД АЦП равна 8000 Гц, для повышения скорости оцифровки и чтения регистров его разрядность установлена равной 8 битам при максимальной разрядности в 10 бит. Для достижения максимальной скорости записи на SD использован следующий подход: так как при вызове функции записи библиотекой обрабатывается фиксированное количество информации в 512 байт, то для временного хранения сэмплов,

приходящих из АЦП, принято решение организовать внутри программы два буфера такого же размера. Алгоритм: оцифрованные значения сигнала копируются в первый буфер, при его заполнении отдается команда на запись, и сэмплы начинают записываться во второй буфер, потом наоборот, и так буферы поочередно переключаются до конца сессии записи речевого сигнала.

Для устранения высокочастотных и низкочастотных помех по питанию введены конденсаторы С1 и С2 соответственно, а также в спецификации к МП указана возможность установки конденсатора С3 на контакт AREF для уменьшения влияния внутренних помех МП на АЦП [5].

Для тестирования ЦД записывалось слово «проверка» (рис. 2). В моменты пауз прослеживается периодическая помеха.

Периодическая помеха представляет собой «щелчки», которые присутствуют на всем протяжении сессии. На спектре сигнала, записанного с «земли» устройства (рис. 3) данная помеха видна в диапазоне от 0 до 150 Гц.

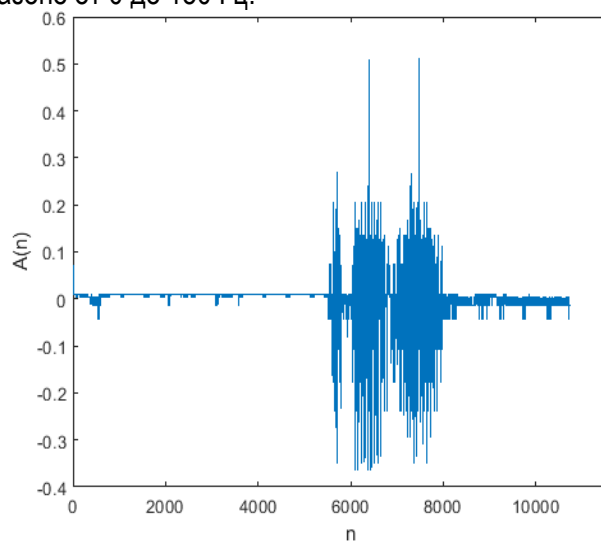


Рис. 2. Графическое изображение слова «проверка»

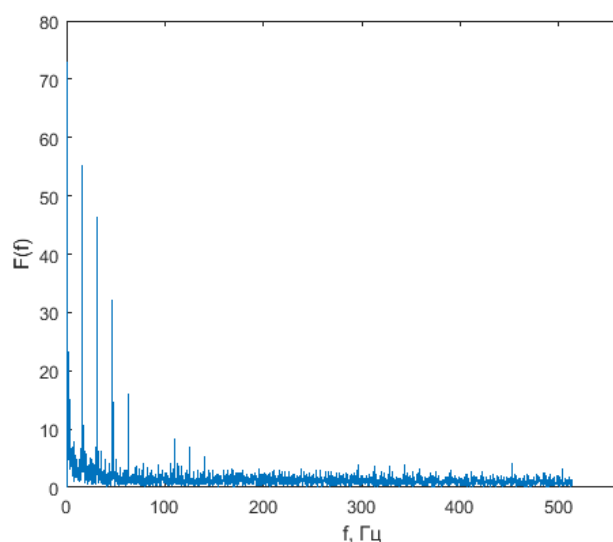


Рис. 3. Спектр сигнала с «земли» устройства

Итогом данного проекта является база для дальнейших разработок, в которых возникает потребность оцифровки речевого сигнала; например, с помощью модуля Wi-Fi данный ЦД возможно подключить через сеть Интернет к удаленному серверу, где будет осуществляться дальнейшая обработка и хранение сигнала. Помимо того, что запись осуществляется в широко-поддерживаемом WAV-формате на универсальный microSD-носитель, всему проекту достаточно 2 Кб ОЗУ и 12 Кб памяти программ.

При необходимости ЧД возможно увеличить путем применения SD карт новейшего поколения, так как их скорость записи в разы выше. Также ЧД возможно увеличить в два раза путем применения адаптивной дифференциальной импульсно-кодовой модуляции, при которой записывается не значение сигнала, а разница между соседними сэмплами. Такой подход позволит уменьшить размер сэмпла с 8 до 4 бит и записывать в два раза больше информации в программные буферы при прежней скорости записи на SD накопитель.

Библиографический список

1. SdFat-1.0. 16 Library. URL: <https://github.com/greiman/SdFat/releases> (дата обращения: 25.04.2019).
2. Arduino SD Library. URL: <https://www.arduino.cc/en/reference/SD> (дата обращения: 25.04.2019).
3. SdFs-master Library. URL: <https://github.com/greiman/SdFs/blob/master/src/SdFs.h> (дата обращения: 25.04.2019).
4. Лайнос Р. Цифровая обработка сигналов / Пер. с англ. А. А. Бритов. М.: Бином, 2006. 641 с.
5. Atmel Corporation. ATmega328p Datasheet. Technology Drive, CA: San Jose, 2015. 662 p.

УДК 519.688:612.179

А. М. Голубкова

магистрант кафедры медицинской радиоэлектроники

К. В. Зайченко – доктор технических наук, профессор – научный руководитель

ВТОРИЧНАЯ ОБРАБОТКА ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛОВ МЕТОДОМ ПОСТРОЕНИЯ ИХ ГИСТОГРАММ

Одной из актуальных проблем современной кардиологии остается получение максимально полной информации об электрическом потенциале сердца, на основании которой можно было бы расширить диагностику патологических состояний миокарда.

Широкое развитие компьютерных технологий привело к появлению новых методик снятия сигналов с сердца.

Одной из таких современных систем является снятие сигнала сверхвысокого разрешения. Для этого метода производится запись ЭКС на протяжении всего сердечного цикла в более широких диапазонах амплитуды и частоты под воздействием помех. Минимальный предел диапазона амплитуды сегодня составляет около десяти НВ, максимальный верхний предел диапазона частот более 2000 Гц. Эти параметры записи ЭКГ получены благодаря использованию самой передовой базы современной электроники, широким возможностям обработки цифровых сигналов, оптимальному сочетанию аналоговых и цифровых методов и средств обработки информационных сигналов, а также разработке целого ряда новых схем, алгоритмов и программного обеспечения.

Создание блоков первичной обработки ЭКГ с высокими, по-прежнему недоступными характеристиками позволило нам изолировать сигналы, содержащие ранее недоступную информацию для исследователей, что потребовало внедрения новых высокоэффективных методов извлечения этой информации во время вторичной обработки биоэлектрических сигналов различного характера. Одним из методов вторичной обработки кардиосигнала является метод построения гистограмм.

Гистограмма – это широко распространенный в статистике способ графического представления набора значений непрерывной статистической переменной. В основе метода гистограмм лежит построение опытного распределения наблюдаемых значений исследуемого показателя – гистограммы распределения.

Гистограмма представляет собой столбчатый график, построенный по полученным опытным (эмпирическим) данным, которые разбиваются на ряд интервалов или дискретных значений показателя качества (например, середин интервалов), расположенных в порядке возрастания (ось абсцисс – ось X). Число данных (частота значений), попадающих в каждый интервал или соответствующих каждому дискретному значению, определяет высоту столбцов (ось ординат – ось Y). Пример гистограммы приведен на рис. 1.

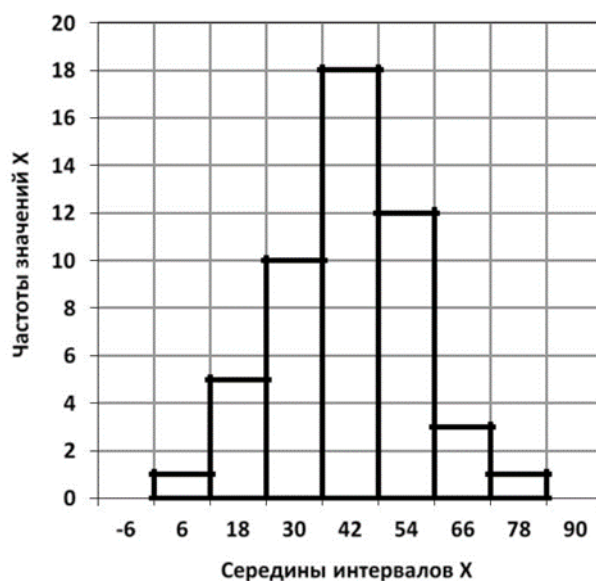


Рис. 1. Пример гистограммы распределения опытных данных

В рамках исследований электрокардиосигнала с применением статистических подходов были построены гистограммы распределения измеренных значений сигнала по равным амплитудным интервалам в высокочастотных каналах. Особый интерес представлял анализ ВЧ-составляющей ЭКС, в которой происходил поиск признаков проявления (маркеров) искусственной патологии.

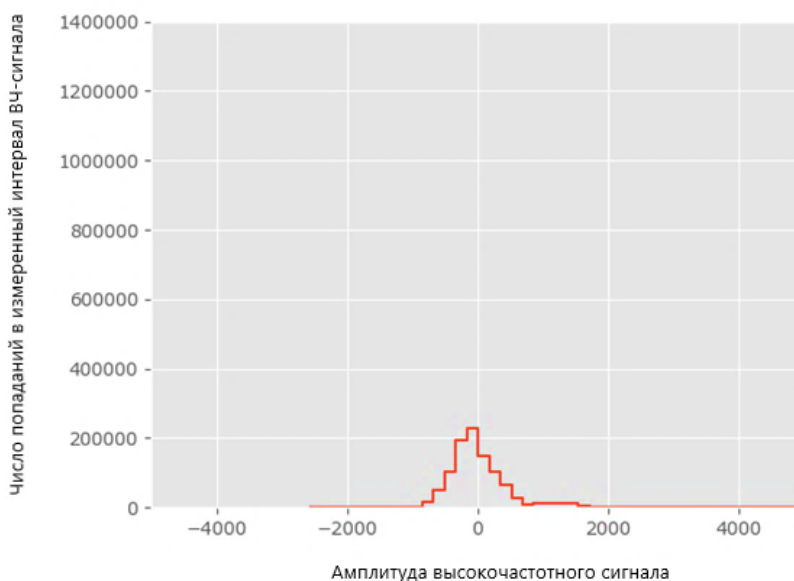


Рис. 2. ЭКС до начала операции

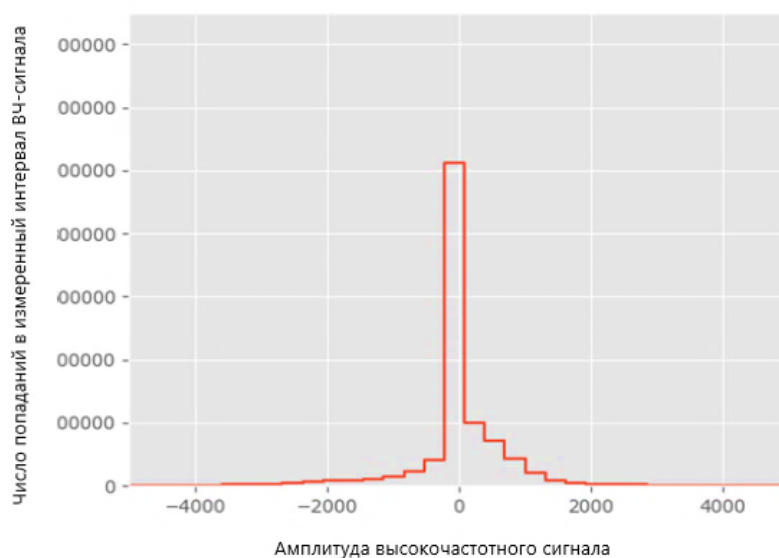


Рис. 3. ЭКС после операции

Гистограммы высокочастотной составляющей ЭКС, представленные на рисунках были построены по реализациям электрокардиограмм крыс, снятым до начала операции, а также в период самой операции. На оси абсцисс гистограмм отложены значения измеренного сигнала в относительных единицах, разбитые на интервалы, а на оси ординат – частота попадания отсчетов ЭКС в данный интервал. Верхний рисунок – это ЭКС до начала операции, нижний рисунок – это реакция ЭКС крысы на искусственно вызванную патологию, а именно ишемию.

Если производить расчет этих гистограмм при проведении операции в реальном времени в режиме скользящего окна. На гистограммах, хорошо отображаются изменения частотных составляющих в ходе развития приступа ишемии, будет наблюдаться увеличение частотных составляющих. Однако чрезвычайно важно то, что впервые появилась возможность оценки временного положения внутри кар-

диоцикла ВЧ-составляющих ЭКС, изменяющихся в ходе развития ишемии. Поскольку вычислительные затраты на расчет гистограмм распределений в десятки раз меньше, чем другие методы вторичной обработки.

С помощью метода гистограмм появляется возможность более точно и раньше зафиксировать момент начала появления кардиопатологии. Таким образом, по увеличению частоты сигнала можно оценивать начало проявления ишемии и время расположения изменяющихся ВЧ-компонентов ЭКС внутри кардиоцикла.

Библиографический список

1. Гуляев Ю. В., Зайченко К. В. Электрокардиография сверхвысокого разрешения. Задачи. Проблемы. Перспективы // Биомедицинская радиоэлектроника. 2013. № 9. С. 5–16.
2. ГОСТ Р ИСО/ТО 10017–2005. Статистические методы. Руководство по применению в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001. М.: Росстандарт, 2005. 49 с.
3. Тимофеев Д. В. Статистическая обработка экспериментальных данных электрокардиографа сверхвысокого разрешения: дисс. магистра. СПб., 2013.

УДК 621.371.31

А. М. Гульченко

студент кафедры медицинской радиоэлектроники

В. Ф. Михайлов – профессор, доктор технических наук – научный руководитель

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ С МНОГОЛУЧЕВЫМ ПРИЕМОМ

Настоящая статья посвящена обзору основных методов борьбы с влиянием многолучевого приема.

При передаче информации на дальние расстояния используют коротковолновые каналы связи. Всем известно, что при распространении сигналов по данным каналам связи образуется явление, называемое многолучевостью. В каналах связи в точку приема сигнал поступает несколькими лучами (путями) и возникает многолучевой прием. Обычно так происходит из-за того, что на пути распространения попадают различные препятствия, которые как раз-таки ведут к отражениям исходного информационного сигнала и изменению его траектории. Таким образом, в точку приема приходит несколько лучей. Их количество зависит от многих факторов. Различаются они как временем прихода, так и направленностью, частотой и поляризацией. Следствием многолучевости является интерференция и замирание сигналов.

Так как эта проблема является актуальной, были разработаны средства для борьбы с искажениями сигналов.

Первым рассмотрим разнесенный прием. Известно, что разнесенный прием является одним из наиболее эффективных средств, предназначенных для борьбы с многолучевостью.

Методы разнесения сигналов.

Пространственное разнесение. Этот метод наиболее широко используется из-за своей простоты и низкой стоимости. Он требует одной передающей антенны и нескольких приемных антенн. Расстояние между соседними приемными антеннами выбирается с таким расчетом, чтобы замираний бы ли некоррелированными. Используя данный метод и выбирая сигнал с большим уровнем, можно в значительной степени уменьшить воздействие замираний сигнала.

Угловое разнесение. Это метод, который получил название разнесения по направлению, требует несколько направленных антенн. Каждая антенна независимо реагирует на волну, приходящую под определенным углом или с определенного направления, и формирует некоррелированные замиряющие сигналы.

Частотное и временное разнесение. Различия в частоте и/или времени передачи могут быть использованы для организации ветвей разнесения с некоррелированными статистиками замираний. Основное преимущество этих двух методов разнесения состоит в том, что для их реализации требуется лишь одна передающая и одна приемная антенны, а недостаток – в том, что требуется более широкая полоса частот.

Вторым популярным методом является Rake-приемник.

Rake-приемник, или приемник разнесенных сигналов – радиоприемник, спроектированной по многоканальной схеме, ориентированной на улучшение борьбы с многолучевым замиранием.

Rake-приемник содержит в себе несколько приемников, каждый из которых настроен на один из сигналов, пришедших своим путем, и самостоятельно декодирует его. Поскольку все сигналы представляют собой одну и ту же функцию, но с разным смещением и амплитудой, за счет вычисления корреляции между ними можно определить временное смещение сигналов относительно друг друга и подобрать весовые коэффициенты для их суммирования (этот процесс называется оценкой канала).

На рис. 1 проиллюстрирован принцип действия RAKE-приемника. Исходный двоичный сигнал расширяется с помощью применения к нему и раздробленному коду передатчика операции исключающего ИЛИ (XOR). Затем расширенная последовательность модулируется для передачи по беспроводному каналу связи. Из-за эффектов многолучевого распространения в канале оказывается много копий сигнала, каждая из которых имеет свое время задержки (t_1 , t_2 , и т. д.) и свой коэффициент затухания (a_1 , a_2 и т. д.). В приемнике полученный сигнал демодулируется. Демодулированный поток элементов сигнала затем подается на блок корреляторов, причем каждый задерживается на определенную вели-

чину (свою для каждого сигнала). Затем сигналы суммируются с весовыми коэффициентами, подходящими для данного канала.

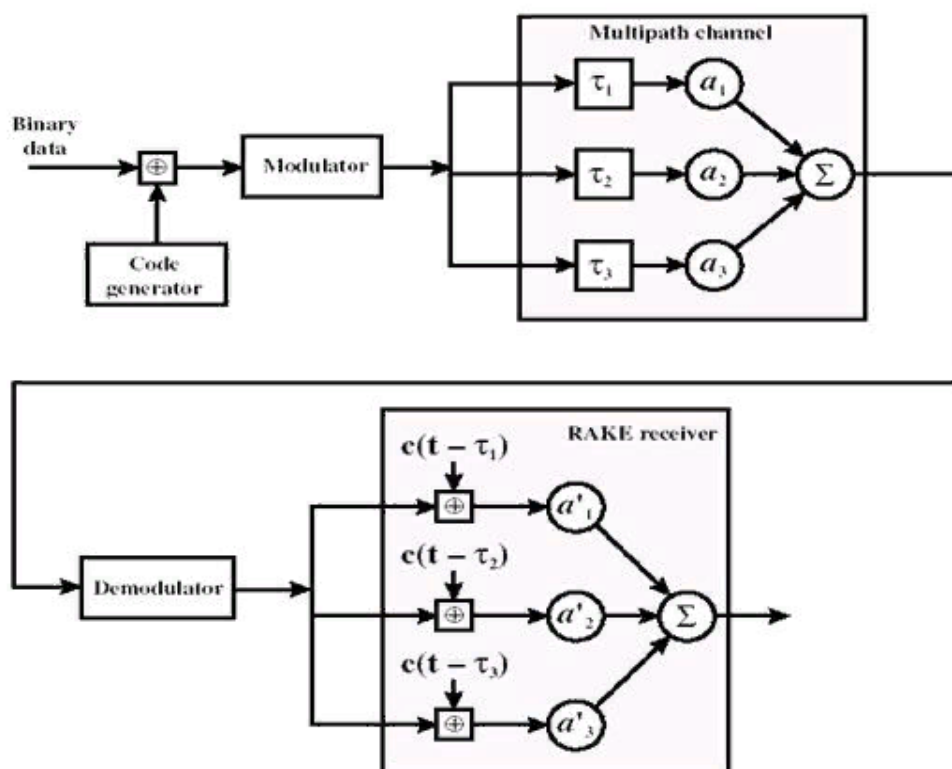


Рис. 1. Структурная схема Rake-приемника

Еще одним общеизвестным методом является эквалайзер.

Эквалайзинг – метод, используемый в системах связи с временным разделением каналов для компенсации межсимвольных искажений. Устранение МСИ (межсимвольной интерференции) в отсчетных точках при произвольных искажениях в канале может быть достигнуто путем установки на выходе фильтра вспомогательного фильтра, роль которого сводится к устранению влияния искажений в канале передачи. В свое время были предложены и широко используются разнообразные временные каналные эквалайзеры (дифференциальный детектор, когерентный детектор по минимуму среднеквадратической ошибки, детектор с оценкой принятой последовательности по максимуму правдоподобия). Последние результаты показали, что эквалайзеры с одновременным анализом временных и пространственных характеристик сигнала значительно повышают эффективность приемника по сравнению с упомянутыми традиционными методами оценки сигнала.

Последний из рассматриваемых методов – применение сигналов типа OFDM.

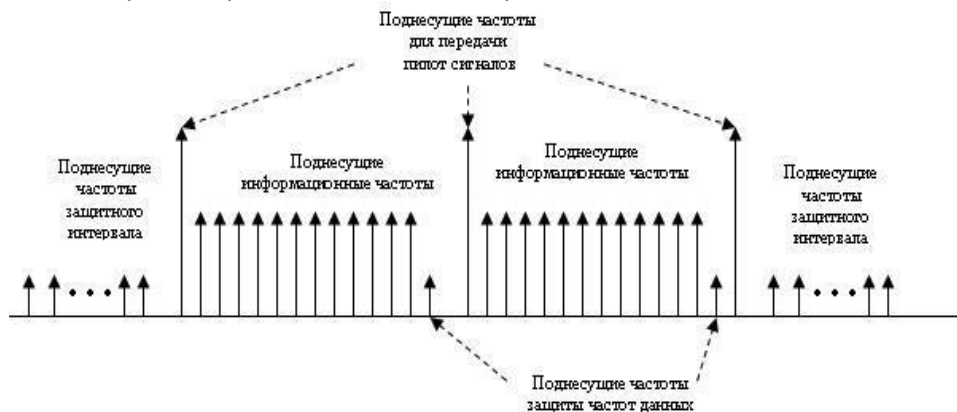


Рис. 2. Структура формирования OFDM подканала

OFDM (от. англ. *Orthogonal frequency-division multiplexing*) – мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов, является цифровой схемой модуляции, которая использует большое количество близко расположенных ортогональных поднесущих. Каждая поднесущая модулируется по обычной схеме модуляции (например, квадратурная амплитудная модуляция) на низкой символевой скорости, сохраняя общую скорость передачи данных, как и у обычных схем модуляции одной несущей в той же полосе пропускания.

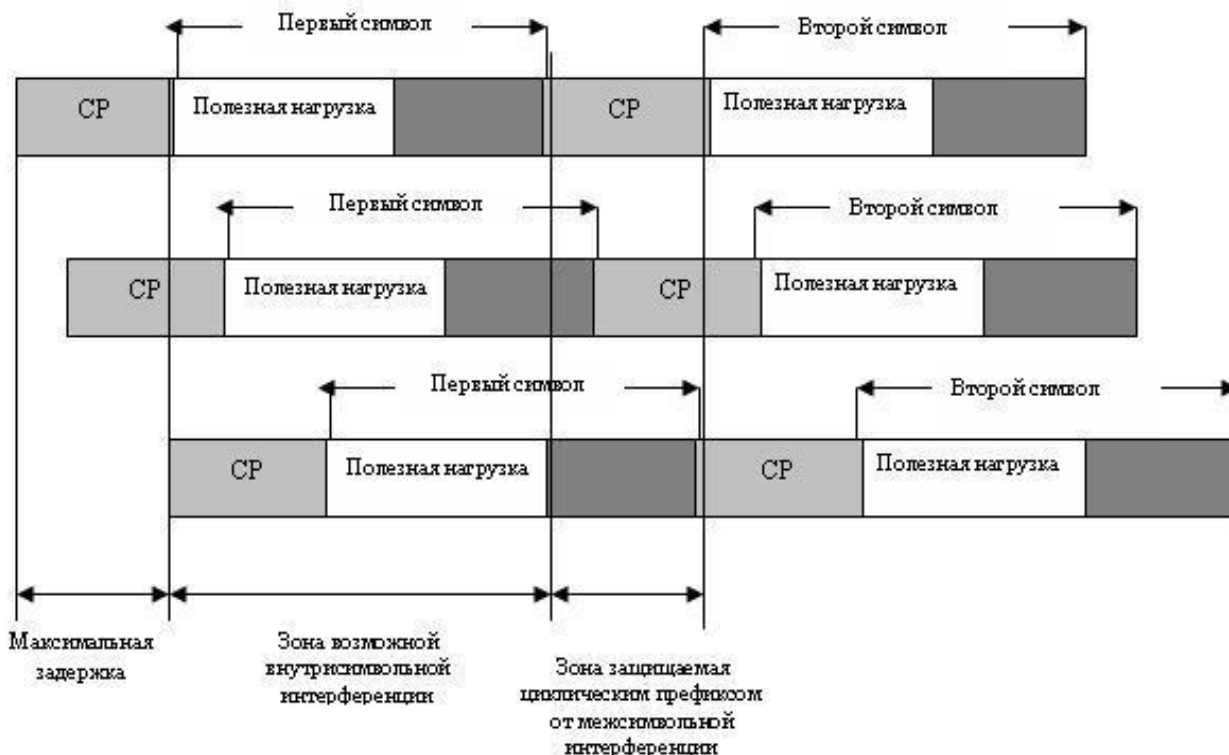


Рис. 3. Защитный интервал OFDM

Для борьбы с помехами в OFDM включен защитный интервал. Длительность этого защитного интервала может составлять $1/4$, $1/8$, $1/16$ или $1/32$ от длительности OFDM символа. В пределах защитного интервала передается как бы возвращенная назад во времени копия последующей части символа. Таким образом, время, затрачиваемое на передачу одного символа OFDM, состоит из интервала передачи полезной информации и защитного интервала.

Библиографический список

- 1 Галустов, Г. Г., Мелешкин С. Н. Мультиплексирование с ортогональным частотным разделением сигналов: учеб. пособие. Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2012. 250 с.
- 2 Ратынский М. В. Основы сотовой связи / Под редакцией Д. Б. Зимина. М.: Радио и связь, 2000. URL: <http://do.znate.ru/docs/index-33625.html?page=10> (дата обращения: 15.09.2019).
- 3 Бердышев В. П., Гарин Е. Н., Фомин А. Н. Радиолокационные системы: учебник. Красноярск, 2011. 400 с.

УДК 615.825(075.8)

А. С. Данилова

магистр кафедры медицинской радиоэлектроники

О. В. Тихоненкова – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**Т. В. Сергеев** – кандидат биологических наук, старший преподаватель – консультант

РАСЧЕТ СИЛЫ ПРОДОЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ НА ПОЯСНИЧНЫЙ ОТДЕЛ ПОЗВОНОЧНИКА ЧЕЛОВЕКА ПРИ ОРТО- И АНТИОРТОСТАТИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

Одними из наиболее распространенных хронических заболеваний являются болезни опорно-двигательного аппарата (ОДА). Согласно статистике Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) различными нарушениями ОДА страдает примерно 80 % населения мира, что ставит их на третье место по числу больных, после сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний. Нарушения работы ОДА, особенно в позвоночнике, являются одной из главных проблем современной медицины [1].

Существует два подхода к лечению патологий в позвоночнике: хирургические и консервативные методы. К хирургическому вмешательству, как правило, обращаются в самых запущенных стадиях заболеваний. Консервативное лечение осуществляется химическими, биологическими и физическими методами. Наибольший интерес в данном случае вызывает физический метод лечения, а именно метод вытяжения и массажа. Один из способов вытяжения связан с использованием поворотного стола-вертикализатора, на котором располагается пациент (его ноги жестко закреплены). Стол может двигаться в сагиттальной плоскости от 90° (человек стоит) до -90° , когда пациент висит вниз головой. Выбор конкретных углов наклона индивидуален и связан с особенностями здоровья пациента и назначением терапии. Она направлена на улучшение состояния позвоночника человека, включает в себя растяжение и сжатие позвоночника под действием собственного веса пациента.

При формировании функции амортизации позвоночного столба самым важным является поясничный отдел позвоночника [2]. Основное давление со стороны верхней части тела приходится именно на структуры этого отдела. И как следствие, из-за повышенной нагрузки поясничный отдел чаще всего является причиной недомоганий. На основании этого объектом исследования выбран данный отдел позвоночника.

Целью написания статьи является расчет силы, действующий на поясничный отдел позвоночника при различных видах нагрузки.

В зависимости от угла наклона тракционного стола поясничный отдел позвоночника будет получать различное продольное давление $\vec{F}_{п.д}$ [3].

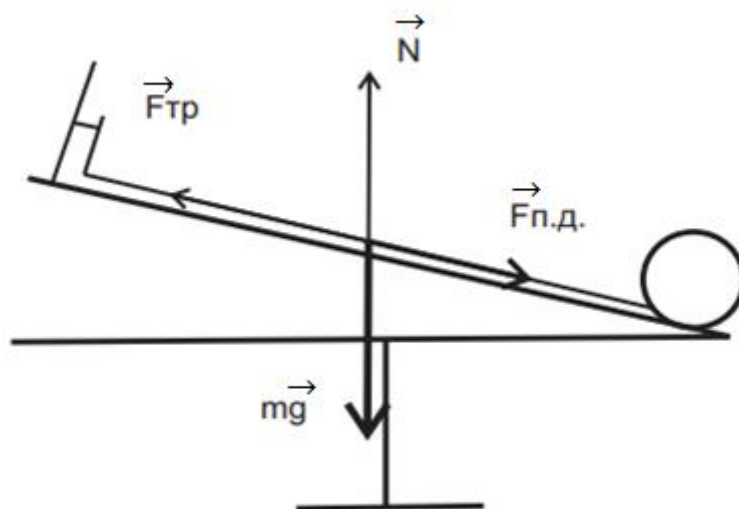


Рис. 1. Распределение сил, действующих на человека при угле α наклона тракционного стола

Допустим:

1. Вся масса человека приходится на позвоночник.
2. Не учитываем $\vec{F}_{упр}$ между позвонками.
3. На тело действуют 2 силы: $\vec{F}_m = m\vec{g}$ и $\vec{F}_{тр}$.
4. Вес и рост человека средний 70 кг и 170 см.
5. $\vec{g} = 10$ Н/м.

$$\vec{F}_{n,\partial} = \vec{F}_m + \vec{F}_{тр} \quad (1)$$

Произведем необходимые для дальнейших исследований расчеты (1). Они нужны для разработки большой сложной системы поддержки принятия решений при проведении тракционных или исследовательских процедур.

Для начала узнаем соответствие масс. Будем считать нижнюю часть тела человека жестко закрепленной (при антиортостатической нагрузке), тогда на поясничный отдел позвоночника будет действовать только верхняя часть тела человека, в процентном соотношении это 54,4 % от общей массы тела.

Далее производим расчет продольного давления, оказываемого на поясничный отдел позвоночника в зависимости от угла наклона тракционного стола. Получим график, представленный на рис. 2.

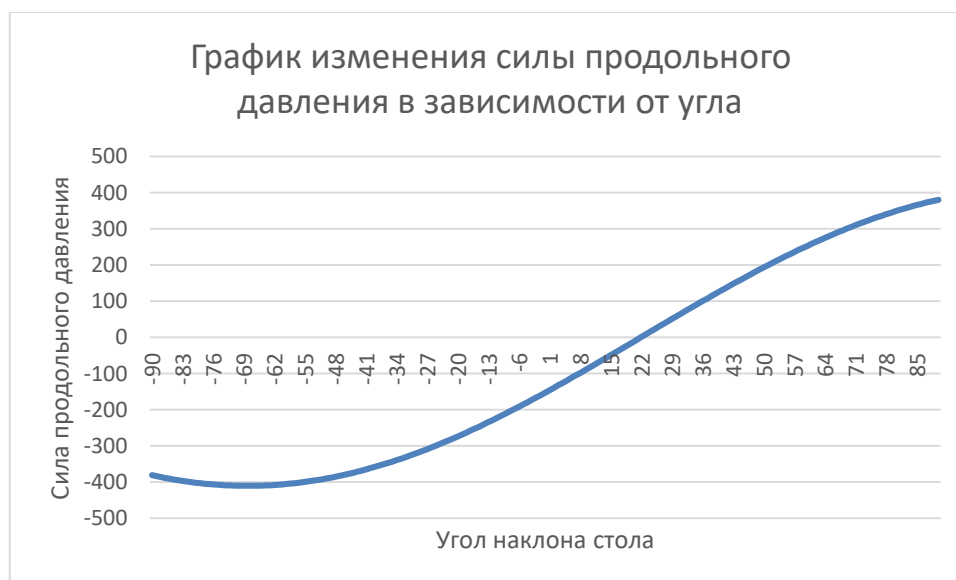


Рис. 2. График зависимости изменения силы продольного давления, оказываемого на поясничный отдел позвоночника, от угла наклона тракционного стола

Так как мы растягиваем позвоночник человека только под действием его собственной массы, получаем, что кроме действия силы продольного давления $\vec{F}_{n,\partial}$ на тело действует еще одна сила $\vec{F}_{тр} = -\vec{F}_{n,\partial}$. В зависимости от того в какую сторону далее будет двигаться стол ($\pm 90^\circ$) будет меняться и направление сил продольного давления и сил тяжести соответственно [4].

Таким образом, максимальную силу продольного давления человек получает в момент, когда $\alpha = 90^\circ (380,7H)$, $\alpha = -68^\circ (-410,13H)$, это объясняется тем, что в момент, когда человек стоит $\alpha = 90^\circ$, на человека действует только сила тяжести (max), а силы трения равна 0. При угле наклона в $\alpha = -68^\circ$ поясничный отдел позвоночника растягивается, и из-за того, что сила трения в этот момент максимальна по модулю, получаем максимальную силу продольного давления.

Минимальное значение $\vec{F}_{n,\partial}$ принимает при $21^\circ < \alpha < 22^\circ$. В период, когда человек проходит отметку в $0^\circ < \alpha < 22^\circ$, на тело продолжает действовать сила трения покоя, а сила тяжести настолько мала,

что не уравнивает ее. Между значениями углов 21° и 22° сила продольного давления принимает значение 0 Н . Это значит, что $\vec{F}_{mp} = \vec{F}_m$. Как только угол становится больше 22° , тело приобретает силу трения скольжения, т. к. сила тяжести становится достаточной для того, чтобы тело человека начало двигаться (в нашем случае поясничный отдел перестает растягиваться и начинает сжиматься под действием силы продольного давления).

Библиографический список

1. Михаэлис А. В. Медико-социальные аспекты реабилитации больных с заболеваниями опорно-двигательного аппарата на курорте Пятигорск: дисс. канд. мед. наук / ГМА им. Н. Н. Бурденко. Воронеж, 2015.
2. Динамика развития заболеваний ОДА в России и мире. URL: http://spinet.ru/public/dinamika_rasprostraneniya_oda.php (дата обращения: 10.02.2019).
3. Сергеев Т. В. Влияние сложных постуральных воздействий на переходные процессы в кардиоваскулярной системе человека: дисс. канд. биолог. наук / ФГБНУ «ИЭМ». СПб., 2018.
4. Кикоин И. К., Кикоин А. К. Физика 8 класс: учеб. пособие. 4-е изд., перераб. М.: Просвещение, 1973. 256 с.

УДК 004.051

М. А. Дорошенко

студент кафедры медицинской радиотехники

Н. А. Горелова – старший преподаватель – научный руководитель

**МЕТОДЫ ПРИМЕНЕНИЯ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА
ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРЕДПРИЯТИЙ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ**

По утверждению Правительства Российской Федерации повышение уровня экономики страны является приоритетной задачей. Повышение эффективности функционирования предприятий и организаций, в том числе учреждений и организаций здравоохранения, является одним из путей решения этой проблемы. В настоящей статье рассмотрены методы применения регрессионного анализа для оценки эффективности предприятий этого профиля.

Рассмотрим математическую постановку регрессионного анализа в следующем описании.

Дана таблица значений процента выполнения государственного заказа медицинского учреждения и других факторов, полученных из годового отчета по амбулаторно-поликлинической службе за 2015 г. больницы № 7 города Ярославля (см. табл. 1).

Таблица 1

**Процент выполнения государственного заказа медицинского учреждения
и значения других сопутствующих факторов**

| Государственный заказ | Номер специальности врача | Заболевание, обрабатываемое определенным врачом | Первичная заболеваемость | План | Общая смертность | Смертность среди трудоспособных | Обеспеченность диагностическими исследованиями | Занято/по штату | Количество физических лиц | Квалификация | Наличие сертификата |
|-----------------------|---------------------------|---|--------------------------|-------|------------------|---------------------------------|--|-----------------|---------------------------|--------------|---------------------|
| 4401 | 1 | 46,4 | 412,9 | 4799 | 156 | 20 | 320,2 | 13,75 | 8 | 2,375 | 1 |
| 5382 | 2 | 54 | 399,2 | 5020 | 156 | 20 | 320,2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10562 | 3 | 14,4 | 0 | 10660 | 15 | 7 | 21,2 | 1,5 | 1 | 1 | 1 |
| 4765 | 4 | 3,9 | 0 | 5006 | 0 | 10 | 299 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 5759 | 5 | 5,8 | 20,7 | 5660 | 0 | 10 | 300,4 | 1,25 | 1 | 1 | 1 |
| 10077 | 6 | 19 | 235,8 | 9732 | 156 | 10 | 320,2 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 10918 | 7 | 2,3 | 10,9 | 10170 | 0 | 20 | 13,1 | 2,5 | 2 | 2 | 1 |
| 8952 | 8 | 6,9 | 26 | 8942 | 0 | 10 | 13,1 | 1,75 | 1 | 2 | 1 |
| 795 | 9 | 79,1 | 26 | 750 | 55 | 12 | 307,1 | 0,5 | 0 | 0 | 1 |
| 4724 | 10 | 10 | 110,8 | 4410 | 0 | 10 | 307,1 | 3 | 3 | 0,(6) | 1 |
| 3780 | 11 | 22,5 | 246,7 | 3700 | 15 | 7 | 45,1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Специальность врача по номеру представлена в табл. 2.

Номер специальности врача

| Номер специальности врача | Название специальности врача |
|---------------------------|------------------------------|
| 1 | Терапевт |
| 2 | Врач общей практики |
| 3 | Хирург |
| 4 | Дерматолог |
| 5 | Эндокринолог |
| 6 | Отоларинголог |
| 7 | Невролог |
| 8 | Офтальмолог |
| 9 | Онколог |
| 10 | Гинеколог |
| 11 | Физиотерапевт |

Рассмотрим задачу регрессионного анализа в следующей постановке. Представим основной ведущий параметр (процент выполнения государственного заказа) y как сумму произведений некоторых функций $\varphi(t_i)$ на неопределенные коэффициенты C_i , то есть:

$$y \approx \sum_{j=1}^n c_j \varphi_j(t_i), \quad i = 1, \dots, m. \quad (1)$$

Требуется провести кривую $\varphi(t)$.

В принципе, в качестве функций φ_i могут быть взяты любые функции. Если мы будем требовать минимизации суммы квадратов невязок:

$$r_i^2 = \left(\sum_{j=1}^n (c_j \varphi_j(t_i) - y_i) \right)^2, \quad (2)$$

то те значения функции φ будут истинными, которые обеспечивают минимум суммы квадрата невязок.

Рассмотрим случай, когда число m заданных точек больше или равно числу n неизвестных коэффициентов. Воспользуемся для определения коэффициентов c_j методом наименьших квадратов. Для любой комбинации c_j невязка в i -й точке равна:

$$r_i = \sum_{j=1}^n (c_j \varphi_j(t_i) - y_i), \quad (3)$$

где r_i – невязка; c_j – коэффициент; y_i – государственный заказ; $\varphi_j(t_i)$ – факторы, влияющие на государственный заказ.

Определим значение коэффициентов c из минимума суммы квадратов невязок:

$$\sum_{i=1}^m r_i^2 \longrightarrow \min. \quad (4)$$

Существует множество разных алгоритмов вычисления набора коэффициентов, которые дадут минимальную сумму квадратов. Один из них – математический анализ:

$$r = \left(\sum_{i=1}^m \left(\sum_{j=1}^n (c_j \varphi_j(t_i) - y_i) \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \longrightarrow \min. \quad (5)$$

Для этого нам необходимо, чтобы для $k = 1, \dots, n$ выполнялось:

$$\frac{\partial r^2}{\partial c_k} = 0. \quad (6)$$

Возьмем производные и изменим порядок суммирования, получим следующее:

$$\sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m \phi_j(t_i) \phi_k(t_i) \right) c_j = \sum_{i=1}^m y_i \phi_k(t_i). \quad (7)$$

Изменим порядок суммирования. Получим систему из n линейных уравнений с n неизвестными коэффициентами c_j :

$$\begin{cases} \left(\sum_{i=1}^n \phi_1^2(x_i) \right) C_1 + \left(\sum_{i=1}^n \phi_1(x_i) \phi_2(x_i) \right) C_2 + \left(\sum_{i=1}^n \phi_1(x_i) \phi_3(x_i) \right) C_3 + \dots + \left(\sum_{i=1}^n \phi_1(x_i) \phi_m(x_i) \right) C_m = \sum_{i=1}^n \phi_1(x_i) y_i \\ \left(\sum_{i=1}^n \phi_2(x_i) \phi_1(x_i) \right) C_1 + \left(\sum_{i=1}^n \phi_2^2(x_i) \right) C_2 + \left(\sum_{i=1}^n \phi_2(x_i) \phi_3(x_i) \right) C_3 + \dots + \left(\sum_{i=1}^n \phi_2(x_i) \phi_m(x_i) \right) C_m = \sum_{i=1}^n \phi_2(x_i) y_i \\ \vdots \\ \left(\sum_{i=1}^n \phi_n(x_i) \phi_1(x_i) \right) C_1 + \left(\sum_{i=1}^n \phi_n(x_i) \phi_2(x_i) \right) C_2 + \left(\sum_{i=1}^n \phi_n(x_i) \phi_3(x_i) \right) C_3 + \dots + \left(\sum_{i=1}^n \phi_n^2(x_i) \right) C_m = \sum_{i=1}^n \phi_n(x_i) y_i \end{cases}$$

Запишем ее в матричной форме:

$$Ax = b, \quad (8),$$

где

$$a_{kj} = \sum_{i=1}^m \phi_k(t_i) \phi_j(t_i); \quad (9)$$

$$b_k = \sum_{i=1}^m \phi_k(t_i) y_i. \quad (10)$$

Ввиду возможной обусловленности матрицы A для решения линейного уравнения будем использовать метод сингулярного разложения матриц (11), основанный на матричной факторизации, который является наиболее надежным для вычисления коэффициентов. Его главное преимущество – учет ошибок заданной информации, округления и линейной зависимости. Недостатком являются затраты немалого количества машинного времени и памяти, по сравнению с другими методами:

$$A = U \Sigma V^T, \quad (11)$$

где Σ – диагональная матрица размера $m \times n$ с неотрицательными элементами, у которой элементы, лежащие на главной диагонали ($i = j$) – это сингулярные числа ($\sigma_{ii} = \sigma_i \geq 0$), а все элементы, не лежащие на главной диагонали ($i \neq j$), являются нулевыми ($\sigma_{ij} = 0$). Матрицы U (порядка m) и V (порядка n) – ортогональные.

Представим матрицу A в виде произведения трех матриц:

Σ , U и V . Σ – диагональная матрица с неотрицательными диагональными элементами, которые так же называются сингулярными числами матрицы A . Пусть σ_j , $j = 1, \dots, n$ – диагональные элементы Σ , тогда:

$$\sigma_j \geq 0, j = 1, \dots, n. \quad (12)$$

Матрицы U и V необходимы для преобразования уравнения $A \approx u$ к эквивалентному виду, представленному как диагональная система:

$$\sum \bar{c} \approx \bar{y}. \quad (13)$$

Поскольку все $\sigma_j \geq 0$, то можно преобразовать уравнение, полагая:

$$\bar{c}_j = \frac{y_j}{\sigma_j}, j = 1, \dots, n. \quad (14)$$

Если σ_j будут малы, то данный метод будет нежелателен, поэтому введем границы τ , отражающие точность исходных данных и точность плавающей арифметики. Тогда:

$$\begin{cases} \bar{c}_j = \frac{\bar{y}_j}{\sigma_j}, \text{ при } \sigma_j \geq \tau \\ \bar{c}_j = 0, \text{ при } \sigma_j < \tau \end{cases}$$

Отношение $\frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\min}}$, где σ_{\max} – наибольшее; σ_{\min} – наименьшее ненулевое сингулярное число, рассмотрим как число обусловленности матрицы A . Отбрасывание $\sigma_j < \tau$ приведет к уменьшению числа обусловленности до $\frac{\sigma_{\max}}{\tau}$. Число обусловленности – множитель в увеличении ошибки, а значит его уменьшение ведет к надежности определения коэффициентов c_j .

Рассмотрим решение системы уравнений методом сингулярного разложения.

Дана матрица A размером m на n , где $m \geq n$. Вектор b – задан и имеет размерность m . Необходимо найти x . Воспользуемся формулами 8 и 11 и преобразуем данную систему с n неизвестным с помощью сингулярного разложения к следующему виду:

$$U \Sigma V^T x = b, \quad (15)$$

отсюда получаем диагональную систему уравнений в матричном виде:

$$\Sigma z = d, \quad (16)$$

где $z = V^T x$ и $d = U^T b$. Несмотря на схожесть уравнений 8 и 16, восьмое имеет n неизвестных, а шестнадцатое – 1 неизвестное. Вектор-столбец z имеет следующее решение:

$$z_j = \frac{d_j}{\sigma_j}, \text{ если } \sigma_j \neq 0;$$

$$z_j = 0, \text{ если } \sigma_j = 0.$$

Решение будет существовать при следующих условиях: $d_j = 0, \sigma_j = 0$ и $j > n$.

Если $k < n$, то z_j , отвечающего нулевому σ_j , принимает произвольное значение. Переход от вектора z к вектору x осуществляется согласно следующему выражению (формула сингулярного разложения матриц) $x = Vz$.

Рассмотрим следующий тестовый пример использования сингулярного анализа для задачи выравнивания методом наименьших квадратов данных Бюро переписей США [1]. Исходные данные представлены в табл. 3:

Таблица 3

Данные Бюро переписей США

| Год (t_i), год | Население (y_i), млн |
|--------------------|--------------------------|
| 1900 | 75,99 |
| 1910 | 91,97 |
| 1920 | 105,71 |
| 1930 | 123,20 |
| 1940 | 131,67 |
| 1950 | 150,70 |
| 1960 | 179,32 |
| 1970 | 203,21 |

Рассмотрим аппроксимацию данных квадратичным многочленом: $y(t) \approx c_1 + c_2 t + c_3 t^2$

Если вычисления производить на IBM 360 с удвоенной точностью, будут получены результаты:

$$c_1 = 0.373 \cdot 10^5, \quad c_2 = -0.402 \cdot 10^2, \quad c_3 = 0.108 \cdot 10^{-1}.$$

Если их провести на обычном компьютере, получим приблизительно следующее:

$$c_1 = -0.372 \cdot 10^5, \quad c_2 = 0.368 \cdot 10^2, \quad c_3 = -0.905 \cdot 10^{-2}.$$

Коэффициенты не совпадают, а значит не совпадет и прогноз значений.

Рассмотрим приложение регрессионного анализа по влиянию различных факторов на оценку эффективности учреждений здравоохранения. В первом приближении рассмотрим линейную форму регрессии.

В качестве функции $\varphi(t_i)$ возьмем факторы z , то есть $\varphi(t_i) = z_i$. Фактор $\varphi(t_0) = 1$, что позволяет оценить влияние неучтенных параметров на точность и достоверность неучтенных параметров.

Составим матрицу A согласно (9):

$$A = \begin{pmatrix} 506 & 1486,9 & 7069,6 & 387811 & 2109 & 736 & 12170,9 & 119,5 & 91 & 70,041(6) & 66 \\ 1486,9 & 12602,13 & 54235,44 & 1156282,8 & 23530,4 & 3717,5 & 69943,46 & 872,625 & 532,3 & 254,8(6) & 264,3 \\ 7069,6 & 54235,44 & 460485,52 & 8161721,7 & 168602,9 & 22431,9 & 395376,7 & 7238,9 & 4585,8 & 2030,704167 & 1489 \\ 387811 & 1156282,8 & 8161721,7 & 530762725 & 3306606 & 846800 & 11685153,4 & 176919,75 & 120682 & 92339,625 & 68849 \\ 2109 & 23530,4 & 16802,9 & 3306606 & 76483 & 8670 & 167738,6 & 2678 & 1590 & 712,5 & 553 \\ 736 & 3717,5 & 22431,9 & 846800 & 8670 & 1942 & 29617,3 & 458,5 & 304 & 178,1(6) & 136 \\ 12170,9 & 69943,46 & 395376,7 & 11685153,4 & 167738,6 & 29617,3 & 678672,77 & 7245,275 & 4828,3 & 2323,708333 & 2266,7 \\ 119,5 & 872,625 & 7238,9 & 176919,75 & 2678 & 458,5 & 7245,275 & 218,4375 & 133,5 & 50,90625 & 29,25 \\ 91 & 532,3 & 4585,8 & 120682 & 1590 & 304 & 4828,3 & 133,5 & 84 & 33 & 20 \\ 70,041(6) & 254,8(6) & 2030,704167 & 92339,625 & 712,5 & 178,1(6) & 2323,708333 & 50,90625 & 33 & 20,08506944 & 13,041(6) \\ 66 & 264,3 & 1489 & 68849 & 553 & 136 & 2266,7 & 29,25 & 20 & 13,041(6) & 11 \end{pmatrix}$$

Согласно (10) матрица b примет следующее значение:

$$b = \begin{pmatrix} 399185 \\ 1172430.6 \\ 8289408.6 \\ 541747787 \\ 3357015 \\ 866724 \\ 11863484.9 \\ 175167 \\ 120493 \\ 93666.70833 \\ 70115 \end{pmatrix}$$

Используем сингулярное разложение матрицы A (11), получим:

$$U = \begin{pmatrix} -0.0007308 & 0.0053706 & -0.0080766 & 0.0203850 & -0.1193363 & 0.4533276 & 0.6851773 & -0.5445170 & -0.11466929 & 0.0233940 & -0.0086183 \\ -0.0002225 & 0.1418633 & -0.0061103 & -0.0316628 & -0.9725090 & -0.0200770 & -0.0409818 & 0.1750043 & 0.0170779 & 0.0030017 & 0.0071831 \\ -0.0153917 & 0.6303415 & 0.7101743 & -0.2973964 & 0.0950508 & -0.0203596 & 0.0049820 & -0.0128127 & -0.0011245 & -0.0005162 & -0.0009098 \\ -0.9996178 & -0.0270818 & 0.0035806 & 0.0017268 & -0.0034676 & -0.0004480 & -0.0004013 & 0.0016800 & 0.0001647 & 0.0000886 & 0.0001750 \\ -0.0062312 & 0.1055903 & -0.4671695 & -0.8764950 & 0.0433454 & -0.0025344 & 0.0119959 & -0.0168750 & -0.0014582 & -0.0017428 & -0.0013740 \\ -0.0015956 & 0.0237420 & 0.0027010 & 0.0042894 & -0.1357241 & 0.5534701 & -0.2785558 & -0.7648340 & -0.0908787 & -0.0611054 & 0.0100172 \\ -0.0220324 & 0.7549528 & -0.5264940 & 0.3766446 & 0.1022541 & -0.0028870 & -0.0037627 & 0.0048166 & -0.0005075 & 0.0013389 & -0.0005071 \\ -0.0003335 & 0.0090262 & 0.0080428 & -0.0024537 & 0.0036417 & 0.6036533 & 0.5371249 & 0.1984904 & -0.0128892 & 0.5537866 & 0.0262737 \\ -0.0002275 & 0.0055804 & 0.0043248 & 0.0012822 & 0.0053939 & 0.3373696 & 0.3956386 & 0.1513479 & 0.1271563 & -0.8114480 & 0.1790210 \\ -0.0001739 & 0.0009910 & 0.0016370 & 0.0005460 & -0.0032105 & 0.0948900 & 0.0707063 & 0.0774198 & -0.2795502 & -0.1618900 & -0.9357519 \\ -0.0001297 & 0.0013669 & -0.0007611 & 0.0019212 & -0.0114103 & -0.0106067 & 0.0323074 & -0.1383121 & 0.9401107 & 0.0660968 & -0.302325 \end{pmatrix}$$

$$v^T = \begin{pmatrix} -0.0007306 & 0.0057219 & -0.0055080 & 0.0245816 & -0.2324102 & -0.5050510 & 0.4734506 & 0.6509776 & -0.2057027 & 0.0000000 & -0.0000000 \\ -0.0021807 & 0.0955157 & -0.0289893 & -0.1698024 & -0.8914805 & -0.1208685 & 0.0002482 & -0.3792805 & 0.0874176 & 0.0149837 & -0.0114917 \\ -0.0153897 & 0.6009569 & 0.7759795 & 0.1908087 & 0.0050050 & -0.0030840 & -0.0033090 & -0.0038538 & 0.0008997 & 0.0006480 & -0.0000340 \\ -0.9996153 & -0.0276487 & 0.0017248 & -0.0005921 & 0.0000783 & -0.0004706 & -0.0000665 & -0.0010652 & 0.0002071 & 0.0000738 & -0.0000046 \\ -0.0062355 & 0.2465656 & 0.0411591 & -0.9482551 & 0.1786901 & -0.0334334 & -0.0048220 & 0.0700972 & -0.0166066 & -0.0045042 & 0.0019735 \\ -0.0015956 & 0.0239616 & -0.0038748 & -0.0338503 & -0.3364295 & 0.6516138 & -0.3233621 & -0.5507005 & -0.2245146 & -0.0146634 & 0.0449618 \\ -0.0220322 & 0.7532901 & -0.6286895 & 0.1810133 & 0.0630891 & 0.0040549 & -0.0006415 & 0.0072527 & -0.0002630 & 0.0000515 & -0.0015757 \\ -0.0003335 & 0.0090058 & 0.0039137 & -0.0288427 & 0.0018255 & 0.4757500 & 0.6930635 & -0.0890652 & 0.1398667 & 0.5135667 & 0.0338678 \\ -0.0002275 & 0.0055989 & 0.0022299 & -0.0144164 & 0.0026763 & 0.2714434 & 0.4360127 & -0.1559495 & -0.1610982 & -0.8268811 & 0.0442133 \\ -0.0001739 & 0.0010342 & 0.0011943 & -0.0038675 & 0.0342345 & 0.0656445 & 0.0196575 & 0.2186783 & 0.6143265 & -0.1683604 & -0.7352227 \\ -0.0001297 & 0.0014078 & -0.0008272 & 0.0007485 & -0.0307469 & -0.0155285 & -0.0203986 & 0.2098764 & 0.6902526 & -0.1539858 & 0.6739330 \end{pmatrix}$$

$$\Sigma = \begin{pmatrix} 0.5311696 * 10^9 \\ 0.6287535 * 10^6 \\ 0.1804022 * 10^6 \\ 0.5163057 * 10^5 \\ 0.4058214 * 10^4 \\ 0.2117949 * 10^3 \\ 0.9167410 * 10^2 \\ 0.6078049 * 10^2 \\ 0.1728508 * 10^1 \\ 0.1331776 * 10^1 \\ 0.4412531 * 10^0 \end{pmatrix}$$

Число обусловленности [1] в нашем случае будет равно 0.120377510^{10} .

Согласно (13, 14), описанным выше, вычислим коэффициенты. Получаем следующий вектор-столбец:

$$C_j = \begin{pmatrix} 0.1808014 * 10^4 \\ -0.8807732 * 10^3 \\ -0.1068709 * 10^2 \\ -0.2067345 * 10^1 \\ 0.1686424 * 10^3 \\ 0.1802204 * 10^4 \\ 0.5157122 * 10^1 \\ -0.6653854 * 10^3 \\ -0.7115101 * 10^3 \\ 0.6385878 * 10^3 \\ 0.6410437 * 10^3 \end{pmatrix}$$

Вычислим среднее арифметическое значение для государственного заказа $\bar{y} = 51650497,89$ и для каждого фактора. Представим их в табл. 4:

Таблица 4

Средние арифметические значения факторов

| | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| \bar{x} | 37475,9947 | 120338,4292 | 844115,2877 | 50615080,93 | 341752,1273 |
| 83181,03333 | 1186848,828 | 17814,96761 | 12080,35455 | 8911,513226 | 6699,753788 |

Перемножим матрицу коэффициентов на средние арифметические значения факторов. Получим следующие значения (табл. 5):

Таблица 5

Произведение матрицы коэффициентов на среднее арифметическое значение факторов

| | | | | | |
|-----------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| $c_j \bar{x}_j$ | 67757123,08 | -105990863,4 | -9021136,05 | -104638834,5 | 57633898,95 |
| 149909191 | 6120724,204 | -11853819,35 | -8595294,271 | 5690783,626 | 4294834,957 |

Запишем выражение для y как $y = \sum_{j=1}^n c_j x_j = \sum_{j=1}^n \Delta y_j$.

Если поделить на мат. ожидание y , то получим оценку вклада в результат:

$$\Delta y = c_j \cdot \frac{\bar{x}_j}{\bar{y}_i}$$

Указанное выражение представляет собой относительный вклад каждого фактора в результат. Рассчитаем их. Результат представлен в табл. 6.

Таблица 6

Коэффициенты значимости факторов

| | |
|-----------------|--------------|
| Δy_1 | 1,311838721 |
| Δy_2 | -2,052078252 |
| Δy_3 | -0,174657291 |
| Δy_4 | -2,025901758 |
| Δy_5 | 1,115844015 |
| Δy_6 | 2,902376494 |
| Δy_7 | 0,118502714 |
| Δy_8 | -0,229500582 |
| Δy_9 | -0,166412612 |
| Δy_{10} | 0,110178679 |
| Δy_{11} | 0,08315186 |

Значения в таблице представлены с точностью до 9 знаков после запятой, что является достаточной для проведения анализа.

По итогам работы можно сделать вывод, как факторы влияют на выполнения государственного заказа. Заметим, что самыми значимыми факторами являются специальность врача, заболевание, обрабатываемое определенным врачом, план, общая смертность и среди трудоспособных. Маловажные факторы – первичная заболеваемость, занято/по штату, количество физических лиц, квалификация

врачей, наличие сертификатов у специалистов. Получены отрицательные вклады. Их вклад в государственный заказ так же важен, но это говорит о затратах на содержание этих факторов.

Библиографический список

1. Форсайт Д. Машинные методы математических вычислений. М.: Мир, 1980. 277 с.
2. Лоусон Ч., Хенсен Р. Численное решение задач методом наименьших квадратов.

УДК 616-7

П. С. Козырь

студент кафедры медицинской радиоэлектроники

Н. А. Горелова – старший преподаватель – научный руководитель

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК КАПИЛЛЯРНЫХ ДИАЛИЗАТОРОВ РАЗЛИЧНЫХ ФИРМ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Гемодиализный аппарат (ГДА) представляет собой техническое средство, предназначенное для временной или постоянной активной замены выделительной функции естественной почки посредством нормализующего воздействия на кровь управляющей среды – диализирующего раствора [1].

Главным элементом аппарата является диализатор – стерильный фильтр, удаляющий токсины и обогащающий кровь полезными веществами.

От характеристик фильтра и активной мембраны зависит эффективность лечения.

Диализаторы различают по следующим показателям:

1. *Материалы мембран.* Бывают целлюлозные и синтетические. Сегодня преобладают диализаторы с синтетической мембраной.

2. *Объем наполнения контура кровью (мл).*

3. *Проницаемость мембраны.* Характеризуется коэффициентом ультрафильтрации. По этому критерию мембраны подразделяются на низкопоточные (до 20 мл/мм рт. ст. /час), среднего потока (20–40 мл/мм рт. ст. /час) и высокого (свыше 40 мл/мм рт. ст. /час).

4. *Площадь фильтрующей поверхности (м²).* Определяет скорость и качество очистки крови.

5. *Способ стерилизации влияет на безопасность системы.* Есть три варианта стерилизации: газом, радиацией (гамма-облучением) либо паром (в автоклаве).

6. В зависимости от конструктивного исполнения диализаторы подразделяют на *пластинчатые* и *капиллярные*. Преимуществом капиллярного диализатора является малый объем заполнения (35–75 мл), поэтому чаще всего используют его [2].

7. Мембраны различаются по скорости кровотока. Чаще всего в диапазоне от 300 до 400 мл/мин.

8. Не менее важным параметром гемодиализных мембран, ввиду специфики их использования, является биосовместимость. Самыми эффективными и безопасными являются диализаторы, мембрана которых выполнена из синтетических, биологически инертных материалов: полисульфона, полиметилметакрилата, полиамида, полиакрилонитрила и т. д. [3].

В табл. 1 представлены основные участники рынка диализного оборудования в России, а также их характеристики.

Таблица 1

Основные участники рынка диализного оборудования и характеристики их диализаторов

| Производитель | Страна | Материал мембраны | Объем наполнения контура кровью, мл | Проницаемость мембраны, мл/мм рт. ст. /час | Площадь фильтрующей поверхности, м ² | Способ стерилизации |
|---------------|----------|--------------------------------|-------------------------------------|--|---|---------------------|
| Asahi | Япония | Полисульфон | 76, 86, 103, 117, 137 | 66, 72, 81, 90, 102 | 1. 3, 1. 5, 1. 8, 2. 1, 2. 5 | Гамма-луч |
| Nikkiso | | Polyester-Polymer Alloy (PEPA) | 74, 92, 111, 129 | 48, 54, 59, 64 | 1. 2, 1. 5, 1. 8, 2. 1 | Гамма-луч |
| Fresenius | Германия | Fresenius Polysulfone | 51, 63, 78, 96, 113, 132 | 8, 10, 13, 16, 18, 21 | 0. 8, 1.0, 1. 3, 1. 6, 1. 8, 2. 2 | Пар |

| Производитель | Страна | Материал мембраны | Объем наполнения контура кровью, мл | Проницаемость мембраны, мл/мм рт. ст. /час | Площадь фильтрующей поверхности, м ² | Способ стерилизации |
|---------------|-----------|-----------------------------------|-------------------------------------|--|---|---------------------|
| | | | 42, 63, 82, 98, 110, 132 | 20, 30, 40, 50, 55, 60 | 0.7, 1.0, 1.3, 1.6, 1.8, 2.3 | |
| Baxter | Швейцария | Триацетат целлюлозы | 90, 105, 115, 125 | 31, 33, 36, 47 | 1.5, 1.7, 1.9, 2.1 | Пар |
| | | Polyflux | 52 | 33 | 0.6 | |
| Toray | Япония | Полисульфон, «HYDROLINK membrane» | 84, 96, 111, 130 | 42, 46, 51, 52 | 1.3, 1.5, 1.8, 2.1 | Гамма-луч |
| Etropal | Болгария | полиэстерсульфон | 62, 71, 81, 88, 104, 112 | | 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0 | Облучение |
| Kawasumi | Япония | RENAK - полисульфоновая мембрана | 75, 88, 100, 119 | 70, 81, 94, 112 | 1.3, 1.5, 1.8, 2.1 | Гамма-луч |
| Medica | Италия | PUREMA | 69, 75, 89, 101, 113, 123, 133, 156 | 55, 58, 63, 69, 75, 81, 87, 124 | 1.2, 1.3, 1.5, 1.7, 1.9, 2.1, 2.3, 2.7 | Бета-лучи |
| | | | 66, 72, 82, 94, 106, 116, 127 | 14, 16, 18, 20, 23, 26, 29 | 1.1, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0, 2.2 | |

Компания Asahi представляет полисульфоновые диализаторы как высокого, так и низкого потока. Отличительная особенность мембран Asahi – высокий клиренс средних молекул. Процедура гемодиализа может сопровождаться локальными судорогами у пациента. Они являются проявлением дефицита объема крови и вызваны слишком быстрым перемещением воды и натрия между водными секторами тела (внутриклеточного, межклеточного и кровью). Существуют некоторые вспомогательные медикаментозные средства, облегчающие судороги: метаболический препарат карнитин, габалентин, витамин Е. Исходя из этого, Asahi предлагает мембраны, покрытые витамином Е, изготовленные по своей запатентованной уникальной технологии.

Компания Nikkiso представляет высокопоточные диализаторы, оснащенные уникальной мембраной PEPA (Polyester-Polymer Alloy). Вода, из которой готовится диализирующий раствор, проходит многоступенчатую очистку и освобождается от большинства химических загрязнителей до безопасного уровня. Но одновременно из воды удаляется хлор, препятствующий размножению бактерий в воде, из-за чего при недостаточной обработке системы подачи воды и диализирующего раствора в некоторых застойных частях системы возможно размножение бактерий. Среди бактерий могут оказаться крупные молекулы липополисахаридов, являющиеся эндотоксинами – организмами, провоцирующими воспалительные реакции в организме человека [4]. Уникальная асимметричная трехслойная PEPA-мембрана обеспечивает отличную защиту против эндотоксинов. Слой мембраны со стороны диализата является одним из защитных слоев, который блокирует эндотоксины. Асимметричная пористая структура среднего слоя мембраны гарантирует высокий уровень механической прочности и может адсорбировать фрагменты эндотоксина благодаря своим адсорбционным свойствам. Крайний слой со стороны крови завершает тройную систему безопасности.

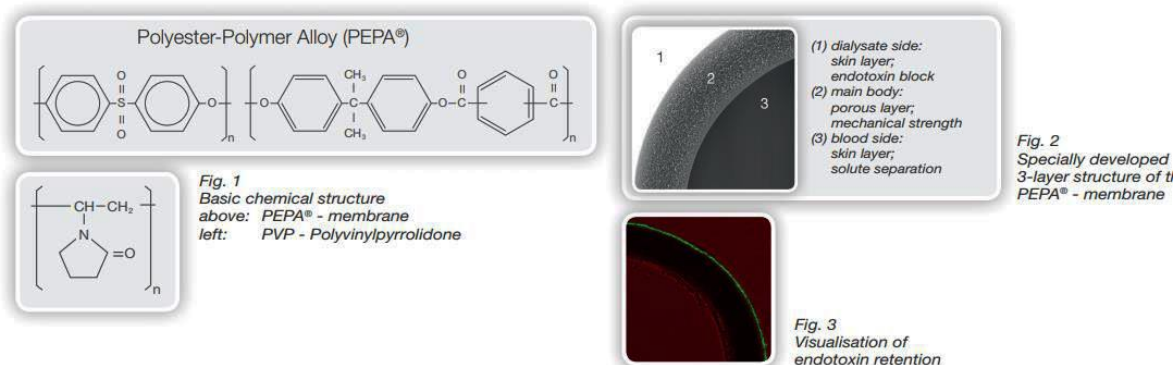


Рис. 1. Трехслойная PEPA-мембрана

Японская компания Toray производит стандартные диализаторы с полисульфовыми мембранами. В арсенал Toray входят высокопоточные диализаторы со специальной мембраной «HYDROLINK», которая обладает превосходной биосовместимостью и эффективностью диализа благодаря использованию особой новой «технологии риформинга мембран».

Фирма Kawasumi производит диализаторы как низкого, так и высокого потока со специальной мембраной «RENAK». Во влажном состоянии на поверхности мембраны образуется гидрофильный гелевый слой, который уменьшает активацию тромбоцитов и снижает антикоагулянтные требования.

Помимо стандартных моделей фирма Baxter производит для детей диализаторы (POLYFLUX 6H). Устройство способно работать при пониженных скоростях потока диализата (8–500 мл/мин). Используется специальная мембрана Polyflux, которая является смесью полиарилэфирсульфона, поливинилпирролидона и полиамида. Общая площадь фильтрующей поверхности составляет всего 0,6 м².

Предлагаемая классификация выявляет единство принципов построения ГДА вне зависимости от структуры и особенностей конструктивного выполнения, что может быть использовано для обеспечения универсальности, воспроизводимости, технологичности, удобства применения и экономичности создаваемой аппаратуры.

Библиографический список

1. Стецюк Е. А. Основы гемодиализа. ГЭОТАР-МЕД, 2001. 392 с.
2. Классификация диализаторов и их назначение в медицине URL: <http://medbuy.ru/articles/klassifikaciya-dializatorov-i-ih-naznachenie-v-medicine> (дата обращения: 16.04.2019).
3. Ибрагимов Р. Г., Саматова Э. М., Музафарова Г. Ш. Конструктивные особенности половолонных диализаторов на основе полимерных материалов // Вестник технологического университета. 2016. Т. 19. № 3. С. 37–41.
4. Земченков А. Ю., Герасимчук Р. П., Костылева Т. Г. Жизнь с хронической болезнью почек. СПб., 2013. 174 с.

УДК 612.172.4

Е. П. Логачев

студент кафедры медицинской радиоэлектроники

К. В. Зайченко – доктор технических наук, профессор – научный руководитель

МЕТОДИКА ВЫЯВЛЕНИЯ ХАРАКТЕРНЫХ ТОЧЕК ЭКС

Введение

При электрофизиологических исследованиях биоэлектрической активности сердца регистрируемые сигналы являются слабыми и шумоподобными, но имеющие важное диагностическое значение для выявления кардиопатологий [1, 2].

Реализация автоматического анализа складывается из отдельных процедур, связанных с разработкой методов, требующих решения задачи временной привязки (синхронизации) кардиоциклов. Для эффективного решения задач синхронного анализа электрокардиосигнала (ЭКС) необходимо точное и надежное выделение его характерных точек [3]. Под характерными точками в работе понимаются временные положения структурных элементов кардиосигнала.

Целью данной работы является создание метода выделения и локализации характерных точек ЭКС, а также алгоритмического и программного обеспечения для реализации этого метода.

Предварительная цифровая обработка электрокардиосигнала

ЭКС представляет собой биоэлектрический квазипериодический сигнал [4]. Прежде чем выделять характерные точки ЭКС, нужно осуществить предварительную цифровую обработку сигнала, включающую в себя фильтрацию сетевой помехи и стабилизацию изолинии ЭКС. Эта обработка позволяет минимизировать внешние негативные факторы и с наибольшей точностью выявить и локализовать характерные точки ЭКС.

Алгоритм выделения характерных точек

Характерные точки можно разделить на зубцы и точки пересечения сигнала с изолинией. Прежде чем локализовать точку экстремума исследуемого сигнала, требуется выделить его зубцы. Для этого необходимо определить область и границы его появления. Обычно считается, что зубец находится в некоторой зоне справа и слева от экстремума, однако данных по точной локализации этих границ этой зоны в литературе не приводится. Логично считать, что зона каждого зубца ограничена точками перегиба ЭКС, то есть теми точками, в которых $d^2u/dt^2 = 0$. Вблизи этих точек ЭКС вырождается в прямую линию, и программно возможно вычислить их локализацию.

В программе был использован следующий алгоритм, включающий поиск начальных значений времени появления зубцов ЭКС и состоящий из двух процедур: нахождения максимумов и минимумов отсчетов напряжения ЭКС и определения временных отсчетов сигнала, соответствующих найденным экстремальным мгновенным значениям напряжения сигнала. Сигнал может быть представлен в виде двухстолбцовой матрицы отсчетов: один столбец содержит временные отсчеты, а другой – соответствующие им напряжения. Процедура поиска максимумов и минимумов отсчетов напряжения состоит в поиске номера строки, содержащей максимальный или минимальный отчет. Процедура же поиска временных отсчетов включает запоминание временного отсчета из строки, найденной на предыдущем этапе. Данный алгоритм был выбран, несмотря на его повышенную чувствительность к помехам, потому что другие применяемые на практике алгоритмы ищут лишь QRS-комплекс, а именно R-зубец, а также потому, что ЭКС прошел предварительную цифровую обработку, отфильтровав помехи. Результатом действия алгоритма является получаемый набор j значений временных отсчетов, локализуемых экстремумы ЭКС. Изолиния совпадает с осью абсцисс осциллограммы ЭКС. При пересечении ЭКС изолинии отсчеты напряжения сигнала меняют знак, поэтому возможно два подхода для поиска точек пересечения с изолинией: поиск чистого нуля напряжения ЭКС и поиск точек сигнала, где отсчеты меняют знак.

Первый подход состоит в том, что определяется чистый нулевой отсчет и время его появления, а второй подход состоит в том, что определяются моменты времени, соответствующие двум ближайшим от-

счетам напряжения ЭКС, при котором они меняют знак, потом время появления точки пересечения с изолинией рассчитываются методом интерполяции. Первый подход наиболее точен для определения точек пересечения с изолинией, а второй же менее точен, поскольку определяет точку субъективно по двум соседним отсчетам напряжения ЭКС. Сначала матрица отсчетов проверяется на наличие чистого нуля отсчетов напряжения ЭКС, потом если в сигнале нет отсчетов напряжения, содержащих чистый ноль, то время дающее локализацию пересечений ЭКС с изолинией, определяется методом интерполяции.

Программная реализация

В связи с тем, что характерные точки являются свойствами низкочастотных элементов ЭКС, их поиск производится по сигналу, регистрируемому в низкочастотном канале. Записанные с помощью программного пакета ZETLAB [5] ЭКС хранятся в трех расширениях: ana, apr, xml. Разработанная программа работает с группой файлов, относящихся к выбранному участку записи ЭКС СВР. Также она позволяет сравнивать результаты регистрации сигнала в различные промежутки эксперимента.

Используя программу, мы имеем возможности:

1. Выбирать необходимый файл, содержащий любой зарегистрированный ЭКС в любой момент записи, с соответствующим расширением.
2. Выбирать необходимые режимы обработки.
3. Вводить и устанавливать необходимые параметры обработки.
4. Устанавливать необходимые параметры вывода результата локализации характерных точек ЭКС.
5. Присваивать файлу с выведенными результатами индивидуальное имя для последующего занесения в базу данных.

В программе предусмотрена проверка на низкочастотность канала. Файлы, соответствующие записанным ЭКС, в выбранный пользователем промежуток времени, попадают в процедуру «Выделение и локализация зубцов». Данный алгоритм проводит поиск всплесков, выделяет пики по напряжению и регистрирует показатель времени для них. Процедура «Поиск точек пересечения с изолинией» работает по схожему принципу с вышеописанной процедурой. Алгоритм считывает положение, при котором численное значение напряжения равно нулю и фиксирует соответствующее временное значение. После прохождения каждой из процедур, временные показатели характерных точек выводятся в отдельные текстовые документы для «зубцов» и «точек пересечения с изолинией» соответственно.

Программа написана на языке Python, 3-й версии. Был разработан графический интерфейс пользователя в программе для обработки ЭКС, алгоритм которой был описан выше, открывающийся при запуске программы. Интерфейс программы позволяет задать глобальные и локальные параметры. Программа позволяет выбрать файл, соответствующий зарегистрированному сигналу любого живого организма в любой момент записи, с соответствующим расширением с диска или же с базы данных. Результат работы программы – текстовый файл, в котором представлено время (в секундах) появления характерных точек. Для каждой группы характерных точек, а именно «зубцов» и «точек пересечения сигнала с изолинией», создается отдельный файл.

Библиографический список

1. Гуляев Ю. В., Зайченко К. В. Электрокардиография сверхвысокого разрешения. Задачи. Проблемы. Перспективы // Биомедицинская радиоэлектроника. 2013. № 9. С. 5–15.
2. Zaichenko K., Kulin A., Jarinov O. Estimation of micropotentials of electrocardiograms of diagnostics of heart diseases // Proceedings 1 European medical and biological engineering conference (EMBEC'99). Austria. Vienna. 1999. p.
3. Кузнецов А. А., Киселев Н. Н., Гуменный В. Г. Методы поиска характерных точек электрокардиосигнала и статистический анализ его морфологии // Биомедицинская радиоэлектроника. 2013. № 9. С. 26–30.
4. Виноградов И. М. Математическая энциклопедия Т. 1–5 М.: Советская энциклопедия. 1977–1985.
5. Программное обеспечение ZETLAB. Руководство оператора // ЗАО «Электронные технологии и метрологические системы», 2019.

УДК 621.317.34:621.372

И. В. Мажник

студент кафедры медицинской радиоэлектроники

В. Ф. Михайлов – доктор технических наук, профессор – научный руководитель

РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗЛУЧЕНИЯ ПРЯМОУГОЛЬНОГО ВОЛНОВОДА, ЗАКРЫТОГО ТЕПЛОЗАЩИТОЙ

Тактико-технические современных космических аппаратов различного назначения, а значит и эффективность их использования, во многом определяются техническими характеристиками радиотехнических систем, размещенных на борту. На спускаемых космических аппаратах используются радиотехнические системы связи, телеметрические системы, а на космических аппаратах многократного использования также радиотехническая система управления посадкой, на исследовательских ракетах – системы траекторных измерений и многие другие. Все перечисленные бортовые радиотехнические системы для связи с внешним пространством работают на бортовые антенные устройства. Бортовые антенные устройства ракет и спускаемых космических аппаратов являются слабонаправленными, излучение происходит из открытого конца волновода. Для защиты от внешних воздействий они закрываются плоской диэлектрической теплозащитой. Причем бортовая антенна вместе с теплозащитой образует единую конструкцию – антенное окно [1].

В условиях входа космических аппаратов в атмосферу выделяется огромное количество тепла. В этих условиях ухудшается распространение радиоволн через образовавшееся плазменное образование и нагретое, оплавленное и аблирующее защитное покрытие. Возникает необходимость прогнозирования эксплуатационных характеристик антенн с теплозащитой.

Задачи расчета взаимодействия бортовой антенны с диэлектрической теплозащитой являются весьма сложными и мало разработанными. Случай однородной теплозащиты антенного окна можно интерпретировать как отсутствие нагрева или нагрев равномерный по толщине теплозащиты. В теоретическом плане электродинамическая задача разработки математических моделей в общем виде может быть сформулирована следующим образом. Имеется излучающий раскрыв антенны, изображенный на рис. 1, расположенный на бесконечном экране, перед которым находится диэлектрический слой толщиной d .

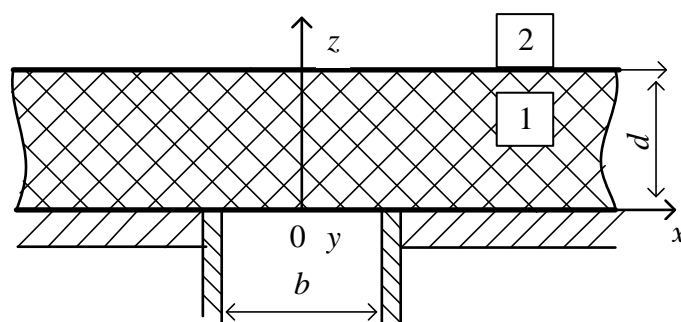


Рис. 1. Электродинамическая модель антенного окна:

d – толщина однородного слоя теплозащиты; b – размер узкой стенки волновода;
 x, y, z – пространственные координаты; 1 – область, занимаемая диэлектрической защитой;
 2 – область за теплозащитой

Электромагнитное поле описывается системой уравнений Максвелла, которую запишем в виде:

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} \bar{H} &= \bar{D} \bar{E}, \bar{D} = \varepsilon_a \bar{E}; \\ \operatorname{rot} \bar{E} &= -\bar{B} \frac{\partial \bar{H}}{\partial t}, \bar{B} = \mu_a \bar{H}, \end{aligned} \quad (1)$$

где ε_a – абсолютная диэлектрическая проницаемость среды; μ_a – абсолютная магнитная проницаемость среды; \vec{E} – напряженность электрического поля; \vec{H} – напряженность магнитного поля; \vec{D} – электрическая индукция; \vec{B} – магнитная индукция.

В результате решения уравнения Максвелла для линейно поляризованной волны и ориентации \vec{E} вдоль оси x получаем:

$$\frac{\partial^2 E_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 E_x}{\partial z^2} + k^2 \varepsilon E_x = 0, \quad (2)$$

где k – волновое число; ε – относительная диэлектрическая проницаемость теплозащиты.

Произведем преобразование Фурье уравнения (2), перейдем к угловому спектру плоских волн \hat{E}_x :

$$\hat{E}_{x_0}(k_x, k_y, 0) = \iint_{\Pi} E_x(x', y', 0) \exp(-j(k_x x' + k_y y')) dx' dy'.$$

Здесь Π – область интегрирования по раскрытию волновода; x', y' – координаты, отсчитываемые в раскрытии излучающего волновода; k_x, k_y – компоненты волнового вектора вдоль оси x и y .

Для однородного поля из (2) получаем:

$$\frac{d^2 \hat{E}_x}{dz^2} + (k^2 \varepsilon - k_x^2 - k_y^2) \hat{E}_x = 0.$$

Решение уравнения (2), удовлетворяющее условиям излучения ($z \rightarrow \infty$), с учетом граничных условий имеет вид для области 2, то есть области за теплозащитой:

$$E_x^{(2)} = \iint_{\Pi} F_x^{(2)}(x, y, z, x', y', 0) E_x(x', y', 0) dx' dy', \quad (3)$$

где

$$\begin{aligned} F_x^{(2)}(x, y, z, x', y', 0) = \\ = \frac{1}{4\pi^2} \int_0^\infty \int_0^{2\pi} \frac{\beta k_z (j \cot(k_{z_1} d) k^2 \varepsilon_1 k_z k_{z_1} - k^2 \varepsilon_1 + k^2 \beta^2 \sin^2 \alpha + k^2 \varepsilon_1 \beta^2 \cos^2 \alpha)}{\Delta} \times \\ \times (\exp(-j(d(2k_{z_1}) - k_z) + zk_z) \times \exp(-j\beta((x' - x) \cos \alpha + (y' - y) \sin \alpha))) \beta d\beta d\alpha, \end{aligned} \quad (5)$$

где β – фазовая постоянная; α – постоянная затухания.

В уравнении (5) использована следующая замена переменных:

$$k_z = \sqrt{k^2 - \beta^2}; \quad k_{z_1} = \sqrt{k^2 \varepsilon_1 - \beta^2},$$

а выражение для Δ имеет вид:

$$\Delta = k_z \sin(k_{z_1} d) (j \cot(k_{z_1} d) k^2 \varepsilon_1 k_z - k^2 k_{z_1} (k_z - j k_{z_1} \cot(k_{z_1} d))).$$

Для расчета по (3) был разработан алгоритм (рис. 2). По алгоритму была разработана программа на языке программирования python.

Выражение (3) фактически определяет диаграмму излучения прямоугольного волновода, соответствующее типу волны H_{10} .

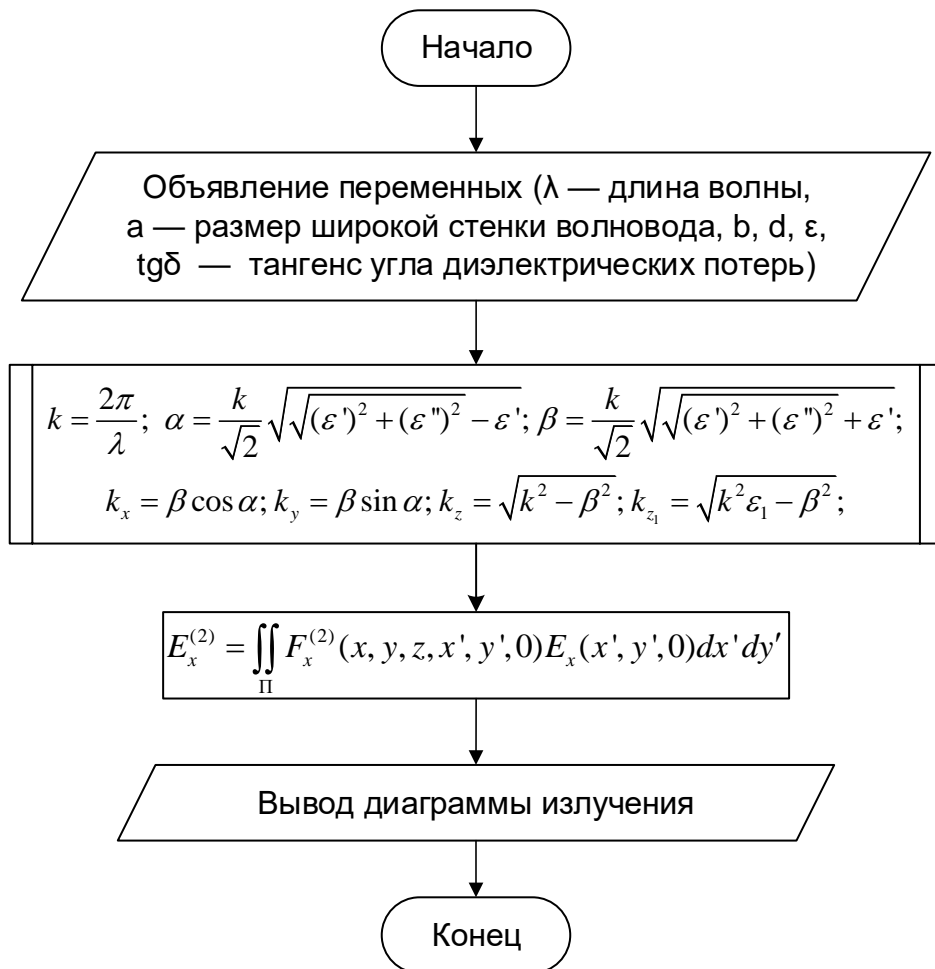


Рис. 2. Алгоритм расчета

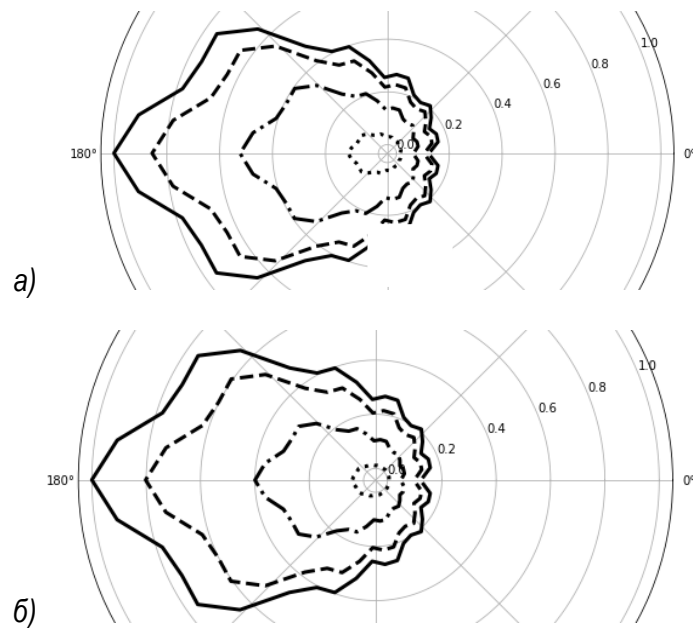


Рис. 3. Нормированная диаграмма излучения прямоугольного волновода с однородной теплозащитой: а) — $\epsilon_1 = 3$, б) — $\epsilon_1 = 6$;
 (—) — $\text{tg} \delta = 0.0001$, (---) — $\text{tg} \delta = 0.001$, (- · -) — $\text{tg} \delta = 0.01$, (· · ·) — $\text{tg} \delta = 0.1$.

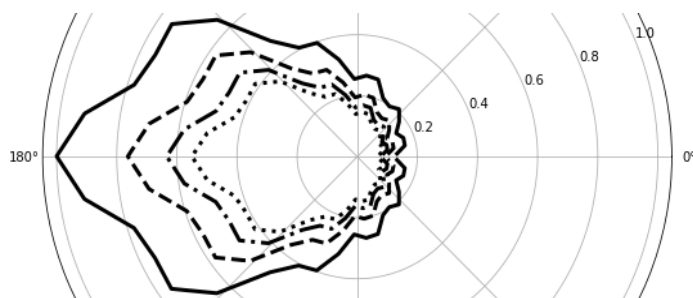


Рис. 4. Нормированная диаграмма излучения прямоугольного волновода с однородной теплозащитой при $\operatorname{tg}\delta = 0.0001$; (—) — $\varepsilon_1 = 3$, (---) — $\varepsilon_1 = 4$,
(·-·) — $\varepsilon_1 = 5$, (-·-·) — $\varepsilon_1 = 6$.

Из рис. 3 и 4 следует, что при увеличении значения относительной диэлектрической проницаемости потери увеличиваются, более существенно растут потери с ростом $\operatorname{tg}\delta$.

Расчет радиотехнических характеристик антенного окна для условий аэродинамического нагрева дает исходные данные для проектирования антенн с улучшенными характеристиками, минимально чувствительными к воздействию высокотемпературного нагрева, тем самым это позволит решить задачу повышения эффективности функционирования бортовых радиотехнических систем.

Библиографический список

1. Михайлов В. Ф., Брагин И. В., Победоносцев К. А. Прогнозирование эксплуатационных характеристик антенн с теплозащитой. СПб.: Судостроение, 1994.

УДК 338.001.36

В. А. Макарова

студент кафедры медицинской радиоэлектроники

Д. В. Васильева – ассистент – научный руководитель

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕДИЦИНСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОРГАНИЗАЦИИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Введение

В связи с развитием информационных технологий и современных коммуникаций, в клиниках появилось большое количество автоматизированных медицинских приборов. Это привело к значительному росту числа медицинских информационных систем (МИС) в клиниках. Руководители клиник и медицинский персонал ожидают от внедрения МИС повышения эффективности в использовании медицинской информации. Тем самым идет процесс увеличения качества здравоохранения.

Целью данной работы является рассмотреть удобства информационных систем для медицинского персонала и пациентов.

Информационные системы «Барс» и «Аридна» для медицинского персонала

Данные системы представляют собой универсальное решение для автоматизации деятельности медицинских учреждений.

Системы позволяют посредством автоматизации процессов в поликлиниках и стационарах осуществлять обмен данными между медицинскими организациями (далее МО), а также централизованный сбор показателей со всей подведомственной сети, для мониторинга и принятия управленческих решений.

Информационные системы помогают медицинскому персоналу в осуществлении различных задач.

Так ИС «БАРС» выполняет такие задачи как:

- Снижение ошибок в лечебном процессе за счет удобной визуализации данных и доступ к медицинским данным в любой момент времени.
- Хранение и доступ к электронным медицинским данным.
- Осуществление контроля качества диагностики и лечения на всех этапах лечебно-диагностического процесса.
- Возможность оперативного формирования любой отчетной документации.
- Расчет себестоимости лечения каждого пациента.
- Препграда нецелевому использованию медикаментов.

ИС «Аридна» выполняет другой набор задач, которые упрощают и улучшают работу медицинских работников. К этим задачам относятся:

- Ведение основных справочников МИС – отделений, врачей, диагнозов и т. п.
- Ведение справочников системы: типы документов, категории льгот, типы источников финансирования и многое другое (более 300 наименований).
- Возможность блокирования расписания в случае отмены приема.
- Регистрация пациентов и ведение картотеки пациентов.
- Загрузка данных, полученных в электронном виде из других ЛПУ (Лечебно-профилактических учреждений).
- Хранение результатов исследования в графическом виде.
- Привязка исследований из PACS-систем и возможность просмотра изображений (рентгеновских снимков) в диагностических модулях МИС.

Однако данные задачи в некоторой степени схожи между собой, но и есть кардинальные различия между ИС.

Так, ИС «Барс» имеет такую подсистему, которая помогает вести и отслеживать единые критерии контроля качества деятельности родовспомогательных учреждений за счет автоматической анали-

тики по выполнению базового спектра обследований (приказ 572н МЗ РФ); осуществлять централизованный контроль состояния здоровья беременных женщин на всех этапах беременности. Вместе с этим осуществляется постановка беременных на учет, ведение дневника наблюдения акушера-гинеколога. Преимуществом данной подсистемы является возможность курортам иметь перед глазами картину по состоянию беременных женщин региона на основании автоматически рассчитанных рисков, так же кураторы автоматически оповещаются о критических изменениях состояния пациентки.

ИС «Ариадна» включает в себя такую подсистему, которая помогает в ведение электронной истории лечения стоматологического пациента. Она [подсистема] включает в себя не только регистрационную и медицинскую подсистему, но и поддерживает стоматологическую специфику. Также к основным функциям данной подсистемы относится: заполнение всех необходимых протоколов. Заполнение зубной формулы в графическом интерфейсе. Регистрация оказанных во время посещения услуг с возможностью указания номера зуба.

Вместе с этим «Ариадна» включает в себя такую подсистему, как АРМ «Мобильное рабочее место врача», то есть разработано такое приложение для смартфонов и планшетных компьютеров на базе ОС Android, которое предназначено для работы врачей на выездах к пациентам. Приложение обеспечивает доступ к электронной медицинской карте, различной справочной информации. К основным функциям данного приложения относится: получение информации о новых вызовах в режиме онлайн; поддержка карты вызовов с использованием гео-сервисов. Функция тревожной кнопки с автоматическим уведомлением диспетчера. Справочник медицинских организаций и аптек города.

Информационные системы «Барс» и «Ариадна» для пациентов

ИС «Барс» и «Ариадна» разработаны не только для улучшения работы медицинского персонала, но и для удобства получения медицинской помощи пациентами.

В ИС «Барс» есть мобильное приложение «Электронная регистратура».

Так же в ИС содержится такая подсистема, как «Дополнительное лекарственное обеспечение» (далее ДЛО).

ИС «Барс» содержит еще одну важную подсистему, которая представляет собой экспертную систему поддержки принятия врачебных решений в вопросах дифференциальной диагностики наследственных заболеваний, выборе лечения и клинико-генетическом прогнозе.

В ИС «Ариадна», так же как и в ИС «Барс», есть «Регистрационная подсистема», с помощью которой пациента регистрируют и заполняют его данные в картотеку.

Данная подсистема выполняет следующие функции:

- ведение личных данных: паспортные данные, данные о документах, место работы, категория льгот и т. д.;
- присвоение уникального идентификационного номера пациента;
- возможность прикрепления фотографии к электронной карте пациента;
- возможность использования технологии штрихкодирования для печати уникального номера на учетных документах;
- возможность использования магнитных карт для идентификации пациента.

Однако это не все функции, которые выполняет данная подсистема. Например, протокола приема, регистрация услуг, оказанных в приемном отделении, диагнозов, направлений на отделения стационара, отказов от госпитализации. Обработка вызовов скорой медицинской помощи – регистрация сигнальных талонов с последующим вводом данных по результатам выезда бригады СМП к пациенту. Ведение проф. осмотров в соответствии с Приказом Минздравсоцразвития России № 302н от 12 апреля 2011 г. Отслеживание необходимого перечня услуг, назначенных пациенту: исключение дублирования одинаковых услуг; исключение услуг, уже пройденных пациентом ранее в других ЛПУ.

Ведение диспансеризации определенных групп населения (согласно приказу Минздрава РФ от 03. 12. 2012 № 1006): регистрация необходимого перечня посещений и услуг; выставление счетов за диспансеризацию в территориальные фонды ОМС.

Вместе с этим ИС «Ариадна» выполняет функции не только регистрации, но и другие, которые помогают пациентам получать медицинскую помощь, например:

- Формирование и оперативная корректировка расписания работы врачей.

- Ведение различных шаблонов расписания.
- Ведение договоров по различным источникам финансирования.
- Ведение отдельных прейскурантов для конкретных договоров.
- Формирование списков услуг, в рамках договора.
- Возможность регистрации консультаций врачей из других ЛПУ.
- Получение отчетности по выполненным исследованиям.

Заключение

В заключение хочу сказать, что ИС «Ариадна» более удобна в использовании, как для пациентов, так и для медицинского персонала, поскольку выполняет расширенный ряд функций. Вместе с этим нельзя сказать, что ИС «Барс» плоха для использования в медицинских учреждениях, поскольку выполняет достаточно большой ряд функций, которые улучшают качество медицинской помощи, упрощают работу врачам и помогают пациентам.

Библиографический список

1. Медицинская информационная система URL: <https://bars-tm.ru/медицинская-информационная-система> (дата обращения: 15.04.2019).
2. Медицинская информационная система. URL: <https://reshenie-soft.ru/products> (дата обращения: 15.04.2019).

УДК 57.084.1

Л. Е. Малкова

студент кафедры медицинской радиоэлектроники, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

А. С. Кузнецова

студент кафедры медицинской физики, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

О. В. Тихоненкова – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВТОРИЧНОЙ ОБРАБОТКИ НЕЧЕТКОЙ ЭНТРОПИИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ЭПИЛЕПСИИ У МЫШЕЙ НА ОСНОВЕ СИГНАЛОВ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ

Введение

Целью данного исследования является выявление эпилепсии у мышей с имплантированными электродами на основе ЭЭГ сигналов с применением метода нечеткой энтропии.

В настоящий момент актуальна проблема выбора вторичного метода обработки сигналов ЭЭГ при диагностике пациентов с эпилепсией. Среди энтропийных методов для обработки биомедицинских данных только метод нечеткой энтропии позволяет провести анализ исходя из специфичности этих данных (нечеткая граница патологий и здорового состояния). Именно поэтому данный метод был взят в основу этого исследования.

Было высказано предположение, что метод нечеткой энтропии с функцией FuzzyEn даст высокие (от 80 %) показатели распознавания эпилептических припадков на примере мышей с моделированной эпилепсией.

Лабораторная установка состояла из аппарата для регистрации ЭЭГ с 6 отведениями от вживляемых в голову мыши электродов [4] – компьютерный энцефалограф Нейроскоп-416, и компьютера для вторичной обработки получаемых сигналов.

Эпилептические припадки были фармакологически смоделированы [4] с помощью инъекции пилокарпина. На рис. 1 показана синхронная запись [1] с моторной коры (M1), а также область гиппокампа (CA1) у мыши в возрасте 3 месяцев [1, 3]. В обоих случаях мы наблюдаем графические скачки (пики), что характерно для обычных эпилептических припадков.



Рис. 1. Регистрация ЭЭГ на мышинной модели эпилепсии височной доли

При эпилептическом приступе на ЭЭГ пациента наблюдаются характерные изменения, проявляющиеся как в спектральной характеристике сигнала, так и в его хаотичности (спектральной энтропии). В основе спектральной энтропии лежит спектральная плотность мощности сигнала, которая является численной характеристикой ЭЭГ сигнала [3].

Для автоматического анализа ЭЭГ на наличие паттернов эпилептического приступа применяются различные методы вторичной обработки сигналов, в том числе энтропийные методы [4].

Многие энтропийные методы [4] работают по принципу сходства сравниваемых векторов. В этих случаях оценка ограничена двумя состояниями: вектора либо близки, либо нет. Однако в реаль-

ных биомедицинских данных границы не являются такими четкими, а показатели в области границ данных могут являться двусмысленными. Поэтому для преодоления этого ограничения был введен метод нечеткой энтропии с помощью нечеткой функции.

Результаты

Для временных рядов с конечным числом выборок N функцию нечеткой энтропии можно оценить следующим уравнением [4]:

$$FuzzyEn(m,n,r,N) = \ln \phi_m(m,r) - \ln \phi_{m+1}(m,r) \quad (1)$$

Очевидно, что значения $FuzzyEn$ будут зависеть от значений входных параметров m , n , r и N , и сравнения должны быть предприняты только при фиксированных значениях этих параметров.

N – длина временного ряда и определяется в этом конкретном исследовании частотой дискретизации 256 Гц и длиной интервала 1 с.

Параметр m определяет длину сравниваемых последовательностей. Параметры r и n определяют ширину и градиент нечеткой экспоненциальной функции.

Исходя из этих рекомендаций в этом исследовании для формулы (1) использовались значения $m = 1$, $n = 1$, а $r = 0,1$ при стандартных отклонения исходных временных рядов.

Результаты расчетов функции $FuzzyEn$ были представлены в виде графика для разных длин окон ЭЭГ. Длина окон изменялась на 1 с от 1 до 23 с.

Полученные данные были усреднены для всех ЭЭГ мышей и отображены на рис. 2, из которого следует, что наилучшие показатели $FuzzyEn$ обнаружены при длине окна 6 с (98,7 % точности распознавания).

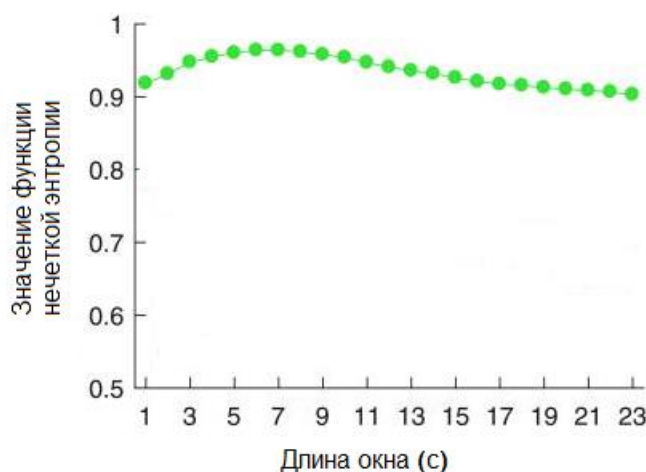


Рис. 2. График распознавания эпилептических приступов с использованием функции нечеткой энтропии при разных длинах окон

Также эти данные свидетельствуют о том, что применение метода нечеткой энтропии при диагностике эпилептических приступов дает результаты с высокой вероятностью распознавания как на коротких эпохах, так и на длинных (от 15 с).

Заключение

Данное исследование подтверждает высказанное предположение о высокой эффективности применения метода нечеткой энтропии для диагностики приступов эпилепсии.

Используемый метод с функцией нечеткой энтропии $FuzzyEn$ был апробирован на примере обработки данных ЭЭГ больных эпилепсией мышей. Можно заметить, что расчет функции не был трудоемким, как во многих энтропийных методах, а также давал широкий выбор эпох ЭЭГ при малых потерях точности распознавания.

Метод нечеткой энтропии на практике показал качественные результаты при обработке таких сложных биомедицинских сигналов, как сигналы ЭЭГ. Эти данные дают возможность предположить, что используемый метод найдет широкое применение в обработке не только ЭЭГ сигналов, но и других биомедицинских данных, например ЭКГ или ЭМГ.

Библиографический список

1. Шнайдер Н. А. Видеомониторинг электроэнцефалографии при эпилепсии / Сибирское медицинское обозрение. Новосибирск, 2016. 93 с.
2. Берестнева О. Г., Пеккер Я. С., Мурзина С. С. Энтропийные методы в анализе биосистем. Новосибирск, 2014. 20 с.
3. Роппер А. Х. Руководство по неврологии по Адамсу и Виктору / Пер. с англ.; под ред. Н. Н. Яхно. М., 2006. 677 с.
4. Chen W. Characterization of surface EMG signal based on fuzzy entropy. IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng. 2007. 266–272 p.

УДК 57.087.3+612.172.4

К. И. Мухеев

студент кафедры медицинской радиоэлектроники

К. В. Зайченко – профессор, доктор технических наук – научный руководитель

МЕТОДИКА СТАБИЛИЗАЦИИ ИЗОЛИНИИ ЭКС

Актуальность работы обусловлена постоянным наличием помех на электрокардиограммах (ЭКГ); ростом функциональности электрокардиографов; необходимостью точного определения QRS-комплекса; развитием методик прогнозирования развития заболеваний сердечно-сосудистой системы.

Изолинией на ЭКГ называют отрезок прямой линии между двумя соседними зубцами. Дрейф изолинии (ДИ) представляет собой низкочастотные (НЧ) колебания с частотой менее 1 Гц и обусловлен влиянием на ЭКС аддитивных НЧ помех, связанных с поляризацией электродов, влиянием дыхания, изменением кожно-электродных потенциалов и межэлектродного импеданса. Задача стабилизации заключается в выделении из аддитивной смеси сигнала и помехи ДИ и последующее вычитание его из сигнала. Для достижения данной задачи существует несколько основных методов, на которых базируется большинство современных методик удаления ДИ, а именно фильтрационный метод; активная стабилизация изолинии (АСИ); интерполяционный метод.

Для осуществления цифровой обработки электрокардиосигнала сверхвысокого разрешения (ЭКС СВР) [5,6], предлагается разработка программного обеспечения нового метода стабилизации изолинии на основе оконного преобразования окном Хеннинга (Ханна).

На каждом временном интервале, за который принимается каждый кардиоцикл, устанавливается оконная функция, например прямоугольная. Для каждого из окон вычисляется свое Фурье преобразование (ПФ) [1].

Пусть имеется бесконечный во времени сигнал $S_0(t)$, мы его можем задать как гармоническое колебание с частотой ω_0 . ПФ этого сигнала будет представлять собой дельта-импульс на частоте сигнала, то есть $S_0(\omega) = \sigma(\omega - \omega_0)$ [2]. $S(t)$ можно представить как произведение исходного бесконечного сигнала $S_0(t)$ и прямоугольного импульса $W(t)$ длительностью T , $S(t) = S_0(t) * W(t)$. Спектр же сигнала $S(t)$, согласно свойствам ПФ будет равен свертке спектров исходного сигнала и спектра $W(\omega)$ прямоугольного импульса $W(t)$ [3]:

$$S(\omega) = S_0(\omega) * W(\omega) = \sigma(\omega - \omega_0) * W(\omega) = W(\omega - \omega_0). \quad (1)$$

В результате, вместо дельта-импульса спектр $S(\omega)$ превратился в функцию типа $\sin(x)/x$, (спектр прямоугольного импульса функции $w(t)$) причем ширина лепестка зависит от длительности интервала анализа. Прямоугольный импульс $w(t)$ назовем оконной функцией [3].

Чтобы обнаружить слабый сигнал необходимо устранить боковые лепестки их в спектре оконной функции $w(t)$, то есть надо изменить оконную функцию, а именно сделать ее более гладкой [2].

При гладкой оконной функции в спектре не наблюдается боковых лепестков, однако имеет место расширение основного лепестка спектра по сравнению с прямоугольным окном [4].

То есть, если говорить простыми словами, в каждом кардиоцикле мы выделяем пики ЭКС и подавляем боковые лепестки, являющиеся ДИ (ложные пики), другими словами происходит стабилизация.

В предложенном методе конкретно предлагается использование окна Ханнинга (Ханна). Окно Ханна представляет собой конус, образованный с помощью приподнятого косинуса или синус-квадрата с концами, которые касаются нуля [3].

По сравнению с прямоугольным окном реализует лучшее разрешение по частоте, но хуже – по амплитуде.

Окно Ханна вычисляется по формуле:

$$w_n = \frac{1}{2} \left(1 - \cos\left(2\pi \frac{n}{N}\right) \right), \quad 0 \leq n \leq N, \quad L = N + 1, \quad (2)$$

где L – размер окна в отсчетах. Окно Ханна и его нормированный спектр представлены на рис. 1 [4].

В данном методе было выбрано именно окно Ханна, так как в сравнении, например, с треугольным окном Барлетта, окном Хемминга и окном Барлетта – Ханна, которые также являются окнами высокого разрешения, его спектр наиболее точно описывает кардицикл ЭКС, а также у окна Ханна наибольшая нормированная ширина главного лепестка по уровню 0,5 (–20 дБ), что позволит захватить все основные, информативные пики кардицикла. Если смотреть по другим параметрам, то максимальный уровень боковых лепестков окна Ханна из всех приведенных выше окон, находится на втором месте, больше только у окна Барлетта – Ханна, что говорит о том, что близлежащие к центру окна лепестки (пики) будут меньше всего ослабляться, то есть пики Р и Т.

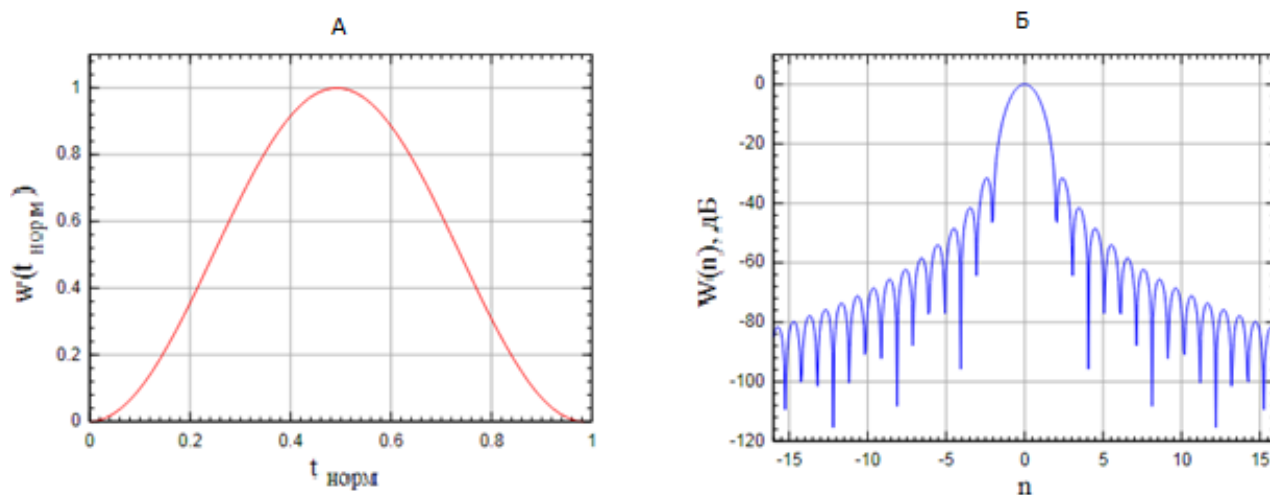


Рис. 1: А – окно Ханна; Б – нормированный спектр окна

Таким образом, на основании данных о методе преобразования окном Ханна, была разработана программа на языке Python, после реализации которой можно получить следующие результаты: На рис. 2 изображен ЭКС до обработки.

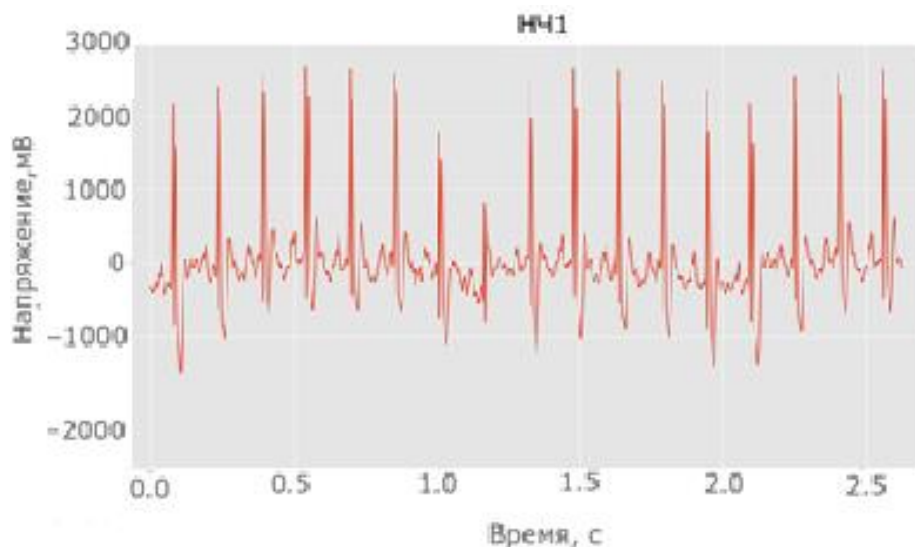


Рис. 2. ЭКС до обработки

После этого включаем только стабилизацию ДИ (рис. 3).

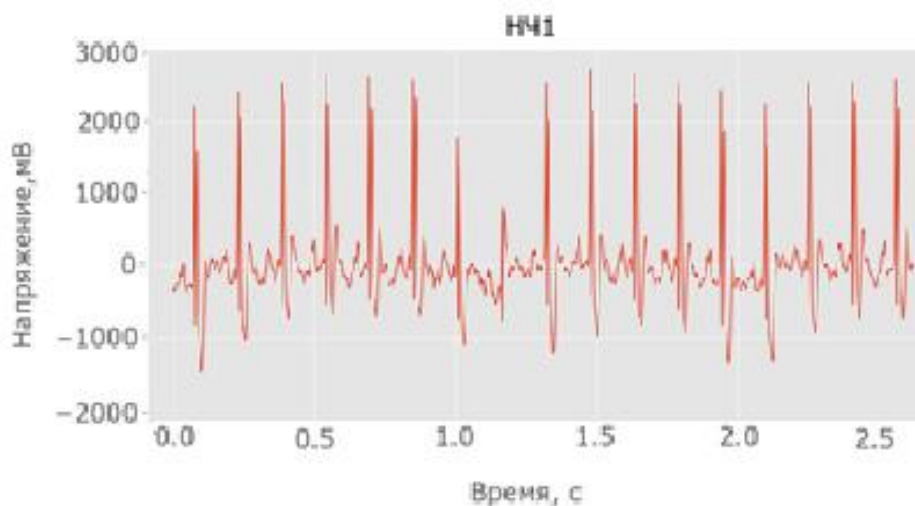


Рис. 3. ЭКС со стабилизацией ДИ

Из рис. 3 видно, что ЭКС стал ровнее, наиболее приближенным к нулевой оси, то есть происходит стабилизация ДИ.

Библиографический список

1. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 768 с.
2. Рассел Д. Быстрое преобразование Фурье: учеб. пособие. М., 2012. 104 с.
3. Павлейно М. А., Ромаданов В. М. Спектральные преобразования в MATLAB: учеб. -метод. пособие. СПб.: СПбГУ, 2007. 160 с.
4. URL: <http://www.dsplib.ru/content/winadd/win.html> (дата обращения: 30.04.2019).
5. Жиганова А. В. Фильтр для обработки ЭКС // Научная конф. СПб.: ГУАП, 2019.
6. Логачев Е. П. Методика выявления характерных точек ЭКС // Научная конф. СПб.: ГУАП, 2019.

УДК 330.47:51.767

А. А. Мороз

студент кафедры медицинской радиоэлектроники

Б. С. Гуревич – доктор технических наук, профессор – научный руководитель

БАЗА ДАННЫХ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА

В настоящее время в клинической практике широко используется метод электрокардиографии (ЭКГ). ЭКГ отражает процессы возбуждения в сердечной мышце – возникновение и распространение возбуждения. Существуют различные способы отведения электрической активности сердца, которые отличаются друг от друга расположением электродов на поверхности тела. Однако независимо от способа снятия ЭКГ сигнала, сам сигнал не изменяется и легко представляется в виде одного или нескольких файлов определенного разрешения.

На сегодняшний день практически ни одно научное исследование не обходится без баз данных. *База данных* – это организованная структура, предназначенная для хранения, изменения и обработки взаимосвязанной информации, преимущественно больших объемов. Учитывая необходимость повышения оперативности работы с информацией, уже ни одно исследование не может обойтись без них, так как использование баз данных дает возможность получить значительные преимущества в обработке информации: емкость хранения; ассоциация данных; контроль избыточности данных; поддержка целостности данных; сортировка и фильтрация данных.

Целью работы будет создание базы данных (БД) специализированной для хранения ЭКГ сигналов и результатов их обработки, а также интерфейса взаимодействия с базой данных. На данный момент в мире технологий баз данных существует два основных направления: SQL (реляционные) и NoSQL (нереляционные) базы данных. Они различаются как по тому как спроектированы, какие поддерживают типы данных и как хранят информацию. Для реализации проектируемой БД будет использоваться реляционная база данных, как более надежная. Реляционные базы данных хранят строго структурированные данные, которые, как правило, представляют собой объекты из реального мира. Такие БД представляет собой набор некоторых таблиц (сущностей). Эти таблицы состоят из колонок и строк (кортежей). Внутри таблиц могут существовать различные ограничения для данных, также между таблицами могут быть осуществлены связи (отношения). Используя SQL (специальный язык для работы с реляционными базами данных) можно исполнять различные запросы, возвращающие наборы данных, получаемых из одной или нескольких соответствующих таблиц. В пределах одного запроса данные извлекаются из нескольких таблиц посредством их соединения, обычно для такого соединения используются те же колонки, которые и определяют связи между этими таблицами.

Реляционные базы данных на текущий момент обеспечивают наиболее лучшее сочетание устойчивости, простоты, гибкости, производительности, масштабируемости и совместимости. Хотя их показатели по каждому конкретному из этих пунктов могут быть ниже, чем у аналогичных систем, которые ориентированы на какую-либо одну особенность. Единственным достаточно крупным недостатком реляционных баз данных является масштабируемость. Реляционные БД хорошо масштабируются только тогда, когда они располагаются на единственном сервере. При исчерпании ресурсов этого сервера, будет необходимо добавить больше машин в сеть и организовать распределение нагрузки между ними. Но в таком случае высокая сложность устройства реляционных БД сильно увеличивает сложность организации этой базы [1].

Ввиду того что на данный момент разрабатывается локальная база данных, а не серверная, то будет разумным использовать встраиваемую СУБД. Из наиболее популярных встраиваемых СУБД была выбрана SQLite.

SQLite – это встраиваемая библиотека, позволяющая хранить все данные в одном файле на жестком диске, в которой практически полностью реализован стандарт SQL 92. По функциональности SQLite, как показывает практика, оказывается в 2–3 раза (и возможно в некоторых случаях) быстрее чем такие СУБД как MySQL и PostgreSQL. Это обуславливается высокоупорядоченной внутренней архитектурой и отсутствию соединений типа «сервер-клиент» и «клиент-сервер». Вся библиотека, собранная в одном пакете, лишь незначительно больше по размеру клиентской части библиотеки MySQL,

что является впечатляющим достижением для полноценной базы данных. Помимо этого, SQLite может работать в достаточно небольшом объеме выделяемой для нее памяти, гораздо меньшем, чем в любых других СУБД. Все это делает SQLite очень эффективным инструментом с возможностью использования практически в любых задачах, возлагаемых на базу данных.

В то же время для реализации программного интерфейса взаимодействия был выбран фреймворк Qt.

Qt – это кроссплатформенный фреймворк для разработки программного обеспечения основанный на языке программирования C++. Также он позволяет работать и взаимодействовать с другими языками программирования: Python – PyQt; Ruby – QtRuby; Java – Qt Jambi; PHP – PHP-Qt и другие. Qt – это полностью объектно-ориентированная библиотека, предназначенная для разработки приложений с графическим интерфейсом. Она реализует собственную концепцию ведения коммуникаций между различными объектами, которая называется «сигналы и слоты» и полностью заменяет старую модель обратных вызовов, которая не всегда работала так, как требовалось. Qt официально поддерживает большое количество различных платформ: Linux/Unix; Windows; OS X; iOS; Android и другие. Qt позволяет запускать написанное с его помощью программное обеспечение в этих операционных системах, требуя только простой компиляции этой программы для определенной системы без какого-либо изменения исходного кода. Это позволяет не заботиться о том, на какой операционной системе будет использоваться разрабатываемая база данных [2].

Таким образом, будет реализована локальная база данных для хранения ЭКГ сигнала, основанная на SQLite и с интерфейсом, написанным на Qt.

Библиографический список

1. Дейт К. Д. Введение в системы баз данных. 8-е изд. М.: Вильямс, 2005. 1328 с.
2. Шлее М. Qt 5. 3. Профессиональное программирование на C++. СПб.: БХВ-Петербург, 2015. 928 с.

УДК 615.47:616-072.7

М. Н. Мошкова

магистрант кафедры медицинской радиоэлектроники

Б. С. Гуревич – профессор, доктор технических наук – научный руководитель

АКУСТООПТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗАТОР СПЕКТРА С ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫМ ИНТЕГРИРОВАНИЕМ

Акустооптические приборы, использующие явление дифракции Брэгга на акустической волне, давно и широко используются для различных видов обработки электронных сигналов, в том числе для спектральной, корреляционной обработки, выполнения операций свертки, корреляции и других [1]. При этом наиболее широкое распространение получила обработка сигналов, частоты которых находятся в диапазоне десятков – сотен мегагерц.

Что касается возможности осуществлять акустооптическую обработку сигналов ЭКГ СВР во всем диапазоне частот, в частности, получать частотное разрешение в доли Гц, для этого необходимо разработать модификацию АОС, частотный диапазон которых от 1 Гц до 2000 Гц [2].

Для осуществления этого можно использовать акустооптический анализатор спектра с пространственно-временным интегрированием, поскольку его разрешающая способность намного выше аналогичных ему одномерных спектроанализаторов, и он попадает в необходимый диапазон частот для ЭКГ СВР.

Однако, как было отмечено ранее, общего разрешения АОС с временным интегрированием, которое, как и в случае, более простых АОС с пространственным интегрированием, не превышает нескольких сотен, может не хватить для работы с биоэлектрическими сигналами в диапазоне от 1 до 2000 Гц. Одним из перспективных путей устранения этих недостатков является применение акустооптического анализатора спектра с пространственно-временным интегрированием (АОСПВИ) [3].

Для этого используется двумерный АОС с пространственно-временным интегрированием. В этом устройстве удачно сочетаются достоинства одномерных АОСА с временным и пространственным интегрированием, позволяя получить полосу анализируемых частот, равную полосе пропускания АОМ, где есть высокая разрешающая способность по частоте, определяемая временной апертурой АОМ, числом фоточувствительных элементов в строке фотоприемника и широкой полосой частот одновременной обработки, связанной с особенностями анализаторов спектра с пространственным интегрированием.

В оптической схеме двумерного АОП, построенной по последовательно-параллельному принципу световые пучки волн дифракции 1 порядков после АОМ первой пары фокусируются на апертурах АОМ второй пары, которые повернуты на 90 градусов вокруг оптической оси устройства относительно модуляторов первой пары. Путем последовательной дифракции света в каждом из двух пучков, поступающих в плоскость регистрации, реализуются две операции умножения сигналов. Для третьего умножения пар сигналов используется смешение световых полей на ФП. Таким образом, АОП с последовательно-параллельной оптической схемой выполняет операцию, характерную для процессора с тремя умножениями. Блок-схема устройства показана на рис. 1.

Устройство содержит четыре одинаковых ячейки Брэгга. Первая пара ячеек расположена непосредственно за цилиндрической линзой, обеспечивающей необходимую форму коллимированного пучка света. Этот пучок фокусируется цилиндрической линзой на апертурах АОМ (1, 2) (ячейки Брэгга). Эти ячейки ориентированы встречно друг другу и на них подается один и тот же опорный электрический ЛЧМ-сигнал (сигнал с линейно-частотной модуляцией). Этот сигнал так же, как и в предыдущем случае, может быть описан выражением (1):

$$u_1(t) = u_2(t) = \cos(\omega_1 t + \gamma_2 t^2 / 2) \quad (1)$$

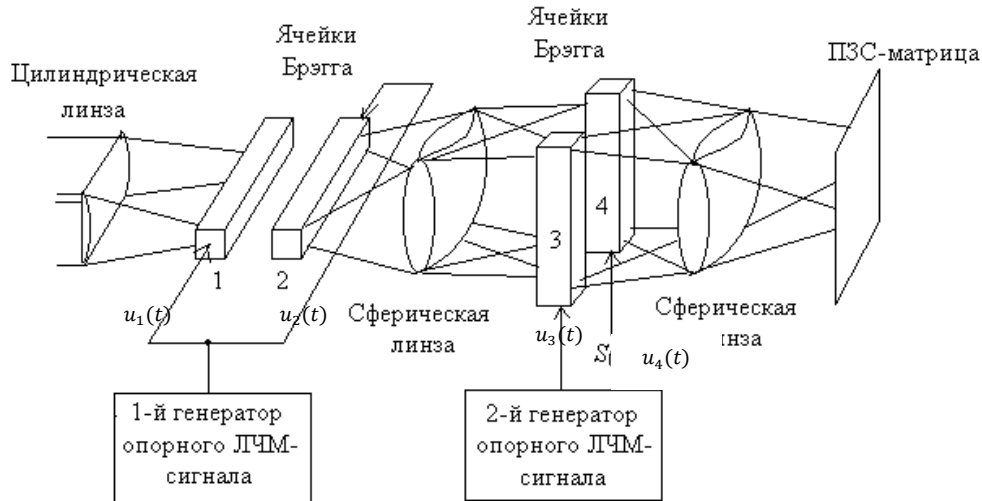


Рис. 1. Структурная схема двумерного акустооптического анализатора спектра с пространственно-временным интегрированием

Первая сферическая линза обеспечивает фокусировку первого дифракционного порядка после первой ячейки на апертуру третьей ячейки, а первого дифракционного порядка после второй ячейки – на апертуру четвертой. Третья ячейка Брэгга возбуждается вторым опорным ЛЧМ-периодическим сигналом $u_3(t)$ с периодом, равным $2L/v$, где L – размер апертуры ячейки; v – скорость акустической волны. На четвертую ячейку подается сигнал, спектр которого подлежит анализу:

$$u_3(t) = \sum_{n=0}^{N_1-1} \text{rect} \left(\frac{t - \frac{2L}{v} - \frac{L}{v}}{\frac{2L}{v}} \right) \times \cos \left[\omega_2 \left(t - \frac{n2L}{v} \right) + \frac{\gamma_2}{2} \left(t - \frac{n2L}{v} \right)^2 \right], \quad (2)$$

где $N_1 = T/(2L/v)$; T – длительность анализируемой выборки сигнала; ω_2 и γ_2 – частоты ЛЧМ-сигнала и скорость ее изменения.

Анализируемый сигнал $u_4(t)$ поступает на 4 ячейку (рис. 1). После 3 и 4 ячеек в плоскость регистрации пропускаются световые поля дифракции первого порядка, которые фокусируются второй сферической линзой на апертуре двумерного фотоприемника с накоплением в 2-мерную картину, соответствующую спектру обрабатываемого сигнала. В качестве фотоприемника использована ПЗС-матрица. Плоскость регистрации является плоскостью изображения для 1 и 2 ячеек и плоскостью пространственных частот для 3 и 4. Одномерный спектр как бы развернут в растр таким образом, что считывание по вертикали соответствует грубым частотным отсчетам, а по горизонтали – точным частотным отсчетам [3].

Расчеты показывают, что считывание по вертикали обеспечивает работу устройства в режиме, характерном для анализатора с пространственным интегрированием. Это означает, что в системе панорамного обзора радиозофира режим считывания по вертикали обеспечивает все функции и параметры, характерные для акустооптической части панорамного приемника – спектроанализатора, описанного нами выше. Наряду с этим горизонтальное считывание может обеспечить все функции, характерные для работы чисто электронного канала в приемнике. При этом частотное разрешение при считывании вдоль горизонтальной оси может существенно превышать разрешение, полученное нами для приемни-

ка при работе электронного канала. Частотное разрешение анализатора со смешанным интегрированием при считывании по вертикали определяется временной апертурой ячейки Брэгга, а при считывании по горизонтали – временем накопления ПЗС-матрицы. Поэтому возможно достижение частотного разрешения порядка десятков Гц.

Разработка такого рода прибора позволит создать и внедрить в практическое здравоохранение новое поколение компьютеризированных электрокардиографов и электрокардиомониторов, работающих на основе методики ЭКГ СВР и существенно превосходящих по своим возможностям применяющуюся сегодня электрокардиографическую аппаратуру.

Библиографический список

1. Париевский И. А., Зайченко К. В., Гуревич Б. С. Возможность применения акустооптических методов для обработки сигналов электрокардиографии сверхвысокого разрешения // Сб. докладов XX междунар. конф. молодых исследователей «Волновая электроника и ее применение в информационно-телекоммуникационных системах. СПб., 2017. С. 173.
2. Париевский И. А., Гуревич Б. С. Возможности акустооптической обработки ЭКГ сигнала сверхвысокого разрешения // Сб. докладов 70-й междунар. студенческой конф. ГУАП. Ч. 1. СПб., 2017. С. 267.
3. Егоров Ю. В., Елисеев А. И. Двумерный акустооптический анализатор спектра с пространственным и временным интегрированием. Л.: Радиотехника, 1985. № 10. С. 76–78.

УДК 519.688:612.179

Е. А. Наумова

магистрант кафедры медицинской радиоэлектроники

К. В. Зайченко – доктор технических наук, профессор – научный руководитель

ВТОРИЧНАЯ ОБРАБОТКА ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛОВ МЕТОДОМ АНАЛИЗА СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ МОЩНОСТИ

За последние 20 лет наука сделала большой шаг в сфере изучения, диагностике и терапии заболеваний сердца и сосудов. Известно, что классическим неинвазивным методом диагностики сердца, является электрокардиография (ЭКГ). ЭКГ – не что иное, как запись электрических процессов, протекающих в сердечной мышце, с кожи. В ЭКГ находит свое отражение как анатомия сердечной мышцы, так и ее физиология.

Сегодня регистрируют ЭКГ рядом методов: стандартная ЭКГ, дополнительно усиленная ЭКГ, высокочастотная ЭКГ (ВЧ ЭКГ), ЭКГ высокого разрешения (ЭКГ ВР) и ЭКГ сверхвысокого разрешения (ЭКГ СВР). На рис. 1 представлены амплитудные и частотные диапазоны регистрации методов ЭКГ.

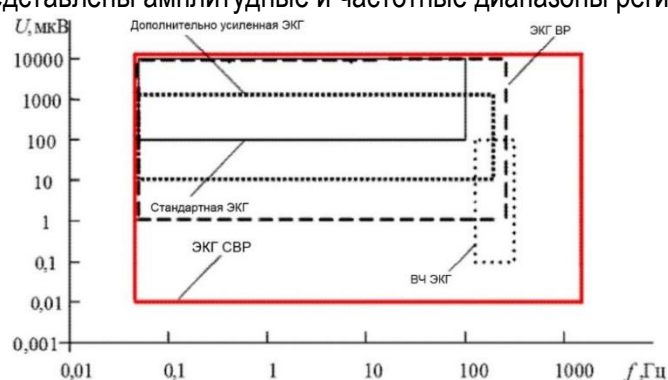


Рис. 1. Амплитудные и частотные диапазоны регистрации методов ЭКГ

ЭКГ ВР – наиболее быстро развивающийся метод, дающий возможность регистрировать сигналы порядка 1 мкВ, которые могут «скрывать» в себе признаки различных сердечных патологий [1]. Однако самым многообещающим методом считается ЭКГ СВР, превосходящий остальные методы по диапазонам регистрируемых сигналов, таким образом позволяющий сделать раннюю диагностику сердца более успешной, что несомненно важно, если учесть то количество смертей, которые происходят ежегодно из-за болезней сердца [2].

Тонким инструментом исследования состояния систем организма при минимуме воздействия на оный является спектральный анализ, предназначенный для определения спектрального состава временного ряда по конечному набору измерений с помощью непараметрических или параметрических методов [3].

Оценка спектральной плотности мощности (СПМ), отражающей соответствующую мощность частотных составляющих сигнала, является наиболее часто проводимым исследованием. Очевидно, что частотный состав кардиосигналов в отсутствие и при наличии сердечной патологии будет различным. В данной работе проводится анализ ЭКГ СВР периодограммным методом [4], относящимся к классу непараметрических, а именно с помощью метода Уэлча.

Особенности обозначенного метода заключаются в использовании весовой функции (окна) длиной L и разбиении сигнала на K перекрывающихся фрагментов. Применение окон позволяет ослабить эффект утечки и уменьшить смещение получаемой оценки СПМ ценой незначительного ухудшения разрешающей способности, а перекрытие сегментов – увеличить их число и уменьшить дисперсию оценки, тем самым повысив достоверность оценки.

Вычисления при использовании метода Уэлча организуются следующим образом: 1) вектор отсчетов сигнала делится на перекрывающиеся сегменты; 2) каждый сегмент умножается на используе-

мую весовую функцию $w(l)$; 3) для взвешенных сегментов вычисляются модифицированные периодограммы; 4) периодограммы всех сегментов усредняются:

В данной работе применяется окно Ханна и 75-процентное перекрытие сегментов.

Окно Ханна относится к окнам высокого разрешения и в дискретном виде записывается как:

$$w_{\text{Hann}}(l) = 0,5 - 0,5 \cos\left(\frac{2\pi l}{L-1}\right).$$

Для данной весовой функции нормированная ширина главного лепестка амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) по нулевому уровню ΔF_0 составляет 4; нормированная ширина главного лепестка АЧХ по уровню 0,5 (-3 дБ) $\Delta F_{0,5} = 1,44$; максимальный уровень боковых лепестков $\gamma_{\text{max}} = -32$ дБ; коэффициент усиления $\beta = -6$ дБ. Внешний вид и нормированный спектр рассматриваемой оконной функции представлен на рис. 2.

Эффективность оценки СПМ определяется числом сегментов K и их длиной L : дисперсия (ошибка) оценки уменьшается с ростом K , а спектральное разрешение увеличивается с ростом L . Поэтому для получения оценки с меньшей дисперсией и необходимым разрешением для данной длины реализации N необходимо подобрать оптимальное соотношение между K и L . Обычно производятся расчеты для различных комбинаций K и L , затем результаты сравниваются и выбирается оптимальная комбинация.

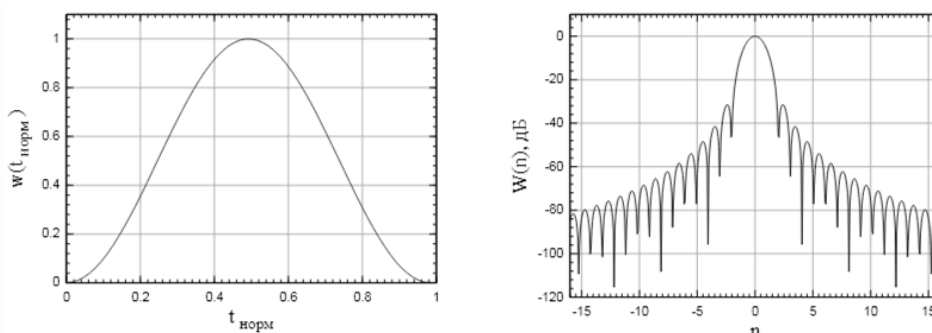


Рис. 2. Внешний вид и нормированный спектр окна Ханна

Исследование проводилось на реальных электрокардиосигналах (ЭКС), зарегистрированных у подопытных животных. ЭКГ регистрируют в трех отведениях во время этапа стабилизации животного и при искусственно вызванной ишемии. Частота дискретизации записи при этом составляет $F_s = 50$ кГц. На рисунках 3–5 представлены результаты оценки СПМ ЭКС в трех отведениях высокочастотного канала для этапа стабилизации и в начале ишемии. Оценка производилась для длительности сигналов $N = 2^{17}$ с окном длина $L = 2^{13}$. Спектральное разрешение оцениваемой характеристики составило 6,1 Гц. Как видно из рисунков, значения СПМ в момент стабилизации выше, чем при ишемии. Из этого можно сделать вывод, что применение метода оценки СПМ позволяет обнаружить изменения в спектре ЭКС уже в начале ишемической болезни сердца, тем самым способствуя ранней диагностики данного заболевания.

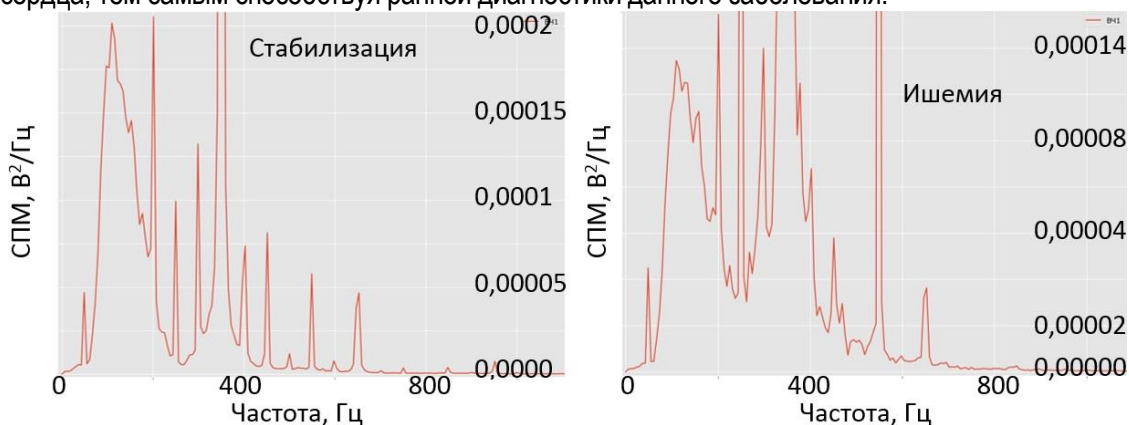


Рис. 3. СПМ ЭКС в первом отведении

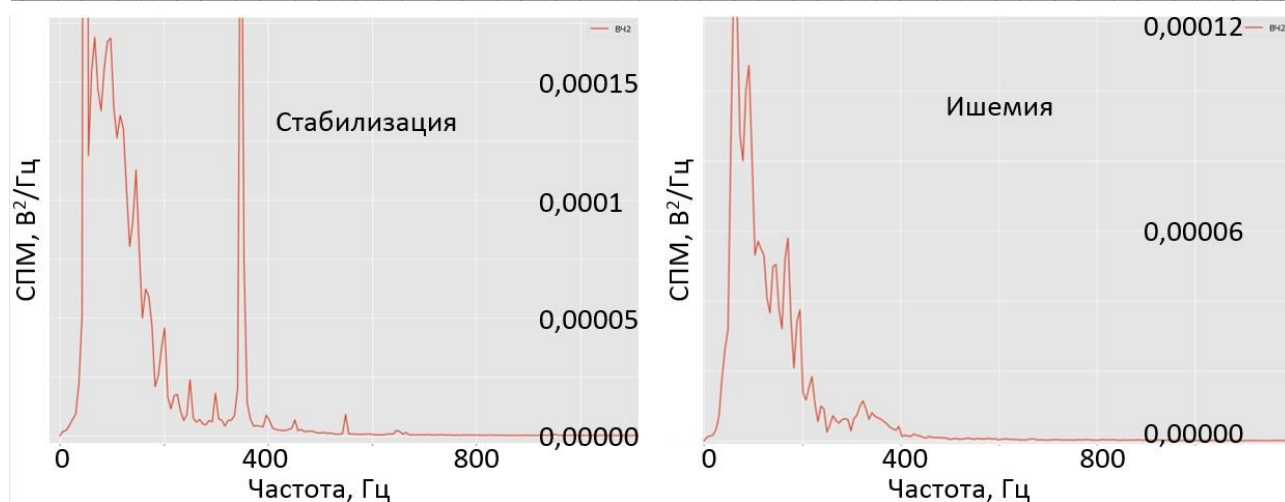


Рис. 4. СПМ ЭКС во втором отведении

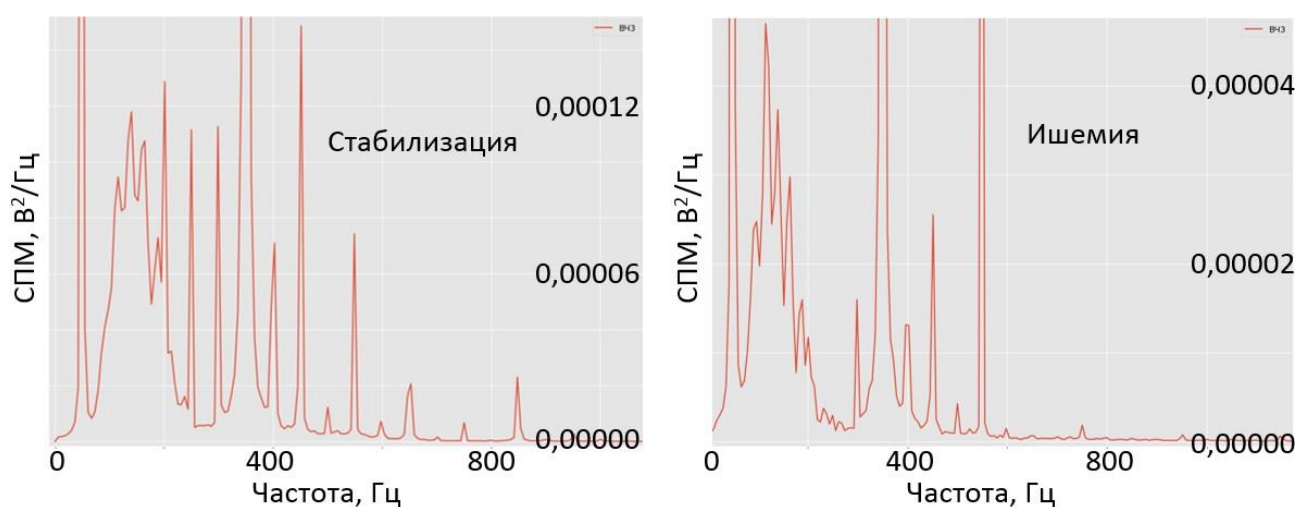


Рис. 5. СПМ ЭКС в третьем отведении

Библиографический список

1. Ярченкова Л. Л. Поздние потенциалы желудочков как предикторы нарушений ритма сердца при артериальной гипертензии: дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.05. Иваново, 2003. 227 с.
2. World health statistics 2018: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals. Geneva: World Health Organization, 2018. 100 p.
3. Тимофеева Е. К. Методы обработки и анализа электрокардиографических сигналов // Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность: сб. тр. VI Всерос. науч.-прак. конф. 2016. Т. 1. С. 355–359.
4. Шахтарин Б. И. Методы спектрального оценивания случайных процессов. М.: Горячая линия – Телеком, 2011. 256 с.

УДК 617.75

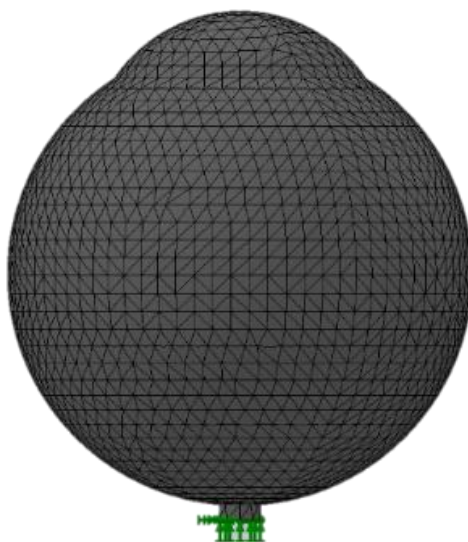
П. А. Пашкова

студент кафедры медицинской радиоэлектроники

П. И. Бегун – профессор, доктор технических наук – научный руководитель**БИОМЕХАНИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЙ СТРУКТУР ГЛАЗА
ПРИ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЯХ**

Патологические изменения роговицы – часто встречающееся повреждение глаза. В литературе нет биомеханических исследований влияния геометрических параметров и механических свойств роговицы на развитие кератоконуса и кератоглобуса и биомеханического анализа коррекции глаза при этих патологиях. В статье приведены результаты биомеханических исследований влияния механических свойств и геометрических параметров в различных секторах роговицы на развитие указанных патологий. Кератоконус – это невоспалительное заболевание, при котором роговица принимает форму конуса [1]. Кератоглобус – также невоспалительное заболевание, при котором роговица выпячивается равномерно и получает форму глобуса [1].

Для исследования напряженно-деформированного состояния глаза построена компьютерная модель здорового глаза в программе SolidWorks. Модель разбивается на тетраэдральные прямоугольные конечные элементы, число которых определяет точность вычислений (рис. 1). Роговица глаза связана со склерой жестко, поэтому исследования проведены на модели, представленной роговицей, жестко закрепленной по наружному контуру.



*Рис. 1. Компьютерная модель здорового глаза,
разбитая на тетраэдральные прямоугольные конечные элементы*

Первое исследование заключалось в изменении модуля упругости роговицы на разных ее участках, при внутриглазных давлениях: 25, 40, 60 и 80 мм рт. ст.

Роговица была разбита на 5 частей, 4 из которых подвергались постоянному изменению модуля упругости. Диапазон изменения модуля упругости роговицы от 0,54 до 13,6 МПа [1].

По полученным эпюрам перемещений для каждого отдельного случая с помощью команды зондирования были найдены значения перемещения роговицы (рис. 2).

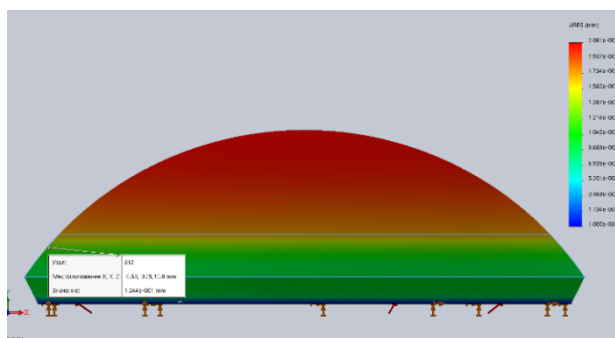


Рис. 2. Эпюра перемещений с результатами зондирования роговицы с модулем упругости 0,54 МПа и при внутриглазном давлении 25 мм рт. ст.

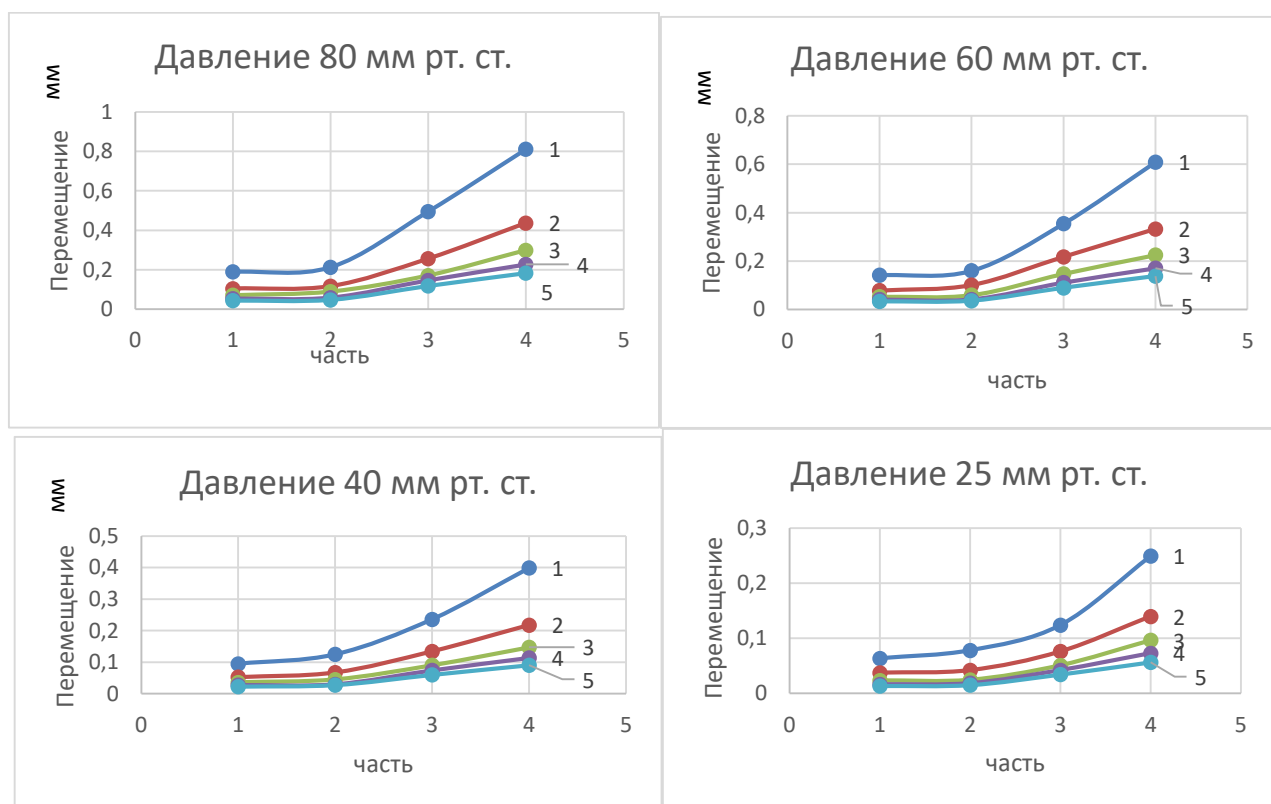


Рис. 3. Результаты исследования при различных внутриглазных давлениях

Результаты исследования влияния модуля нормальной упругости в различных секторах роговицы на напряженно-деформированное состояние представлены на графиках (рис. 3).

Изображены кривые: 1 – при модуле упругости 0,54 МПа, 2 – при 1 МПа, 3 – 1,5 МПа, 4 – 2 МПа, 5 – 2,5 МПа.

Проведенный анализ показал, что чем меньше модуль упругости и внутриглазное давление глаза, тем больше перемещение.

Второе исследование заключалось в изменении толщины роговицы на разных ее участках в диапазоне от 0,2 до 0,5 мм с шагом 0,1 мм. Роговица была разбита на 3 части, которые поочередно подвергались изменениям толщины. Аналогично с первым исследованием, были исследованы изменения роговицы при разных внутриглазных давлениях, были получены эпюры перемещений и с помощью зондирования получены значения перемещений.

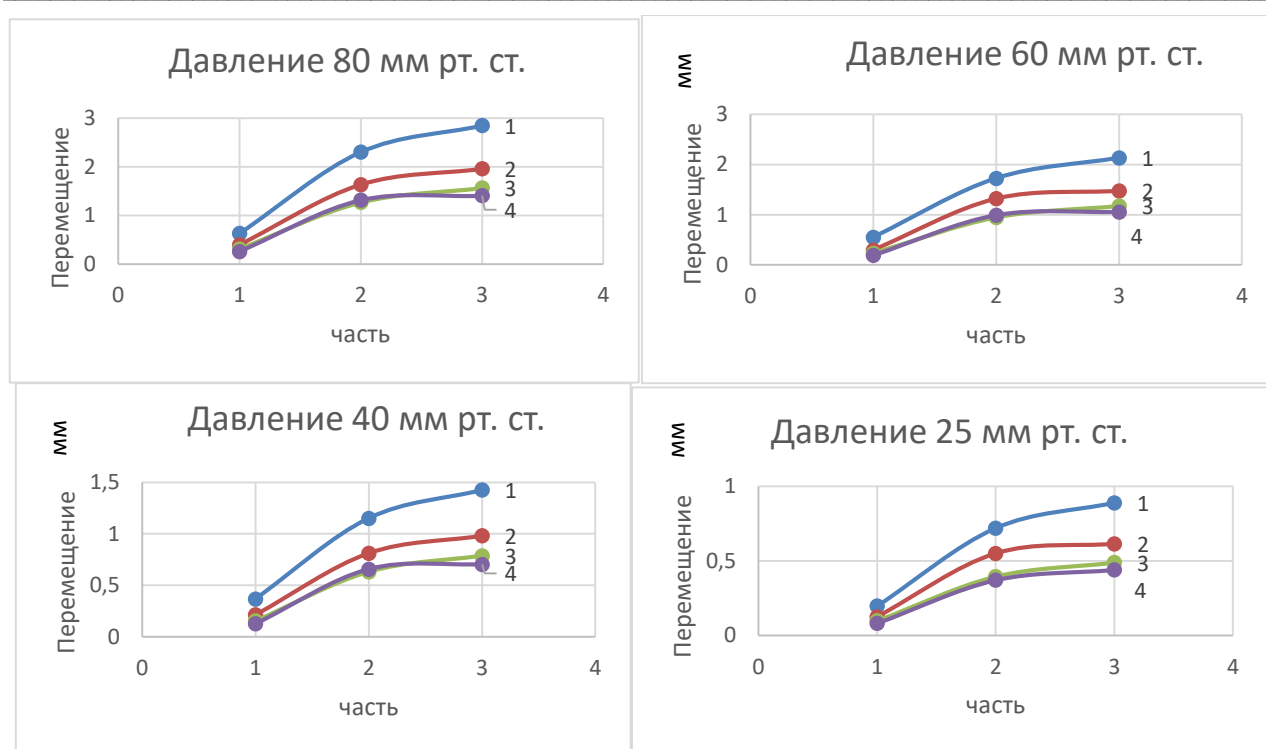


Рис. 4. Результаты исследования при различных давлениях

Результаты исследования влияния толщины роговицы в различных ее секторах на напряженно-деформированное состояние представлены на графиках (рис. 4). Изображены кривые при толщине: 1 – 0,2 мм; 2 – 0,3 мм; 3 – 0,4 мм; 4 – 0,5 мм.

Анализируя полученные результаты, мы видим, что перемещения роговицы при изменении толщины, гораздо больше, чем при изменении модуля упругости.

Полученные перемещения роговицы не входят в нормальный диапазон и являются патологиями.

Библиографический список

1. Бегун П. И. Биомеханическое моделирование объектов протезирования. СПб.: Политехника, 2011. 464 с.

УДК 612.173.4

А. А. Платова

студентка кафедры медицинской радиоэлектроники

П. И. Бегун – доктор технических наук, профессор – научный руководитель

БИОМЕХАНИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ СТРУКТУР КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ С АНЕВРИЗМАТИЧЕСКИМИ ОБРАЗОВАНИЯМИ

Заболевания сердечно-сосудистой системы занимают лидирующие позиции в списках самых распространенных патологий человека. Несмотря на развитие технического обеспечения хирургического и диагностического оборудования, до сих пор существует огромный риск летальных исходов и негативных последствий после проведения лечения.

Аневризматические образования сосудов кровеносной системы часто встречаются в лечебной практике специалистов. Диагностика, в большинстве случаев, происходит случайным образом, из-за недостатка у пациентов выраженных симптомов. При отсутствии должного лечения весьма вероятен летальный исход, причиной которого является разрыв аневризмы. Это происходит из-за кровоизлияния, которое относят к одному из самых частых и тяжелых форм нарушения кровообращения.

В наше время биомеханические исследования играют большую роль в предоперационной и реабилитационной практике, так как с их помощью можно предварительно оценивать состояние органов при различных внешних и внутренних воздействиях. Это стало возможно благодаря тому, что правильно построенная компьютерная модель того и иного органа, отражает его механические свойства, геометрические параметры и способна предсказывать перемещение, напряжение и деформации структур патологически измененного функционирующего сосуда.

В работе проведены исследования зависимости напряжения и перемещения в структурах аневризмы от изменения толщины ее стенок. При этом расчеты проведены для четырех толщин стенок: 0,65; 0,5; 0,25; 0,16.

Построены две модели с прямолинейным и криволинейным участками позвоночной артерии со сферической и мешотчатой аневризмами. Геометрические параметры и механические характеристики которых представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Геометрические параметры биологических объектов

| Биологический объект | Геометрические параметры биологического объекта | Значение, мм |
|-----------------------|---|--------------|
| Кровеносный сосуд | Радиус сосуда | 5 |
| | Толщина стенки сосуда | 0,7 |
| | Длина сосуда | 100 |
| Сферическая аневризма | Радиус аневризмы | 8 |
| | Высота аневризмы | 18 |
| Мешотчатая аневризма | Высота аневризмы | 14,5 |

Таблица 2

Механические свойства биологических объектов

| Биологический объект | Наименование | Значение |
|------------------------------------|----------------------|------------------------|
| Кровеносный сосуд | Модуль упругости | 0,55 МПа |
| | Коэффициент Пуассона | 0,49 |
| | Предел текучести | 6 МПа |
| | Массовая плотность | 1400 кг/м ³ |
| Сферическая и мешотчатая аневризмы | Модуль упругости | 0,276 |
| | Коэффициент Пуассона | 0,49 |

Возраст, пол, расовая принадлежность и индивидуальные особенности строения влияют на биомеханические свойства изучаемых структур. Построенная модель параметрическая и позволяет вводить индивидуальные свойства различных кровеносных сосудов [1].

Модель жестко закреплена по наружным торцам участка кровеносного сосуда. Вычисления проведены при внутреннем давлении 120 мм рт. ст. Эпюры напряжений и перемещений для криволинейного участка сосуда (внутренний радиус – 5 мм, толщина стенки – 0,7 мм) с мешотчатой аневризмой (высота – 14,5 мм), представлены на рисунках 1 и 2. На рис. 3 и 4 представлены результаты исследования зависимости напряжений и перемещений от изменения толщины стенки аневризмы.

На графиках наглядно продемонстрировано, что напряжение и перемещение в структурах различных по форме аневризм уменьшается с увеличением толщин их стенок. Аневризматическое образование с более толстой стенкой прочнее, чем с более тонкой.

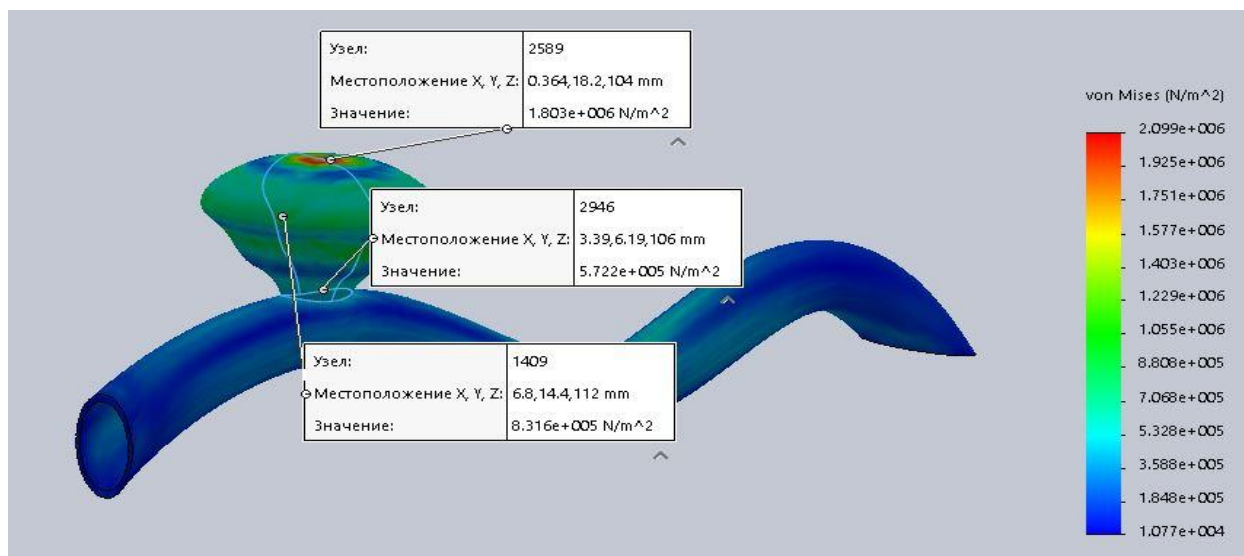


Рис. 1. Эпюра напряжений

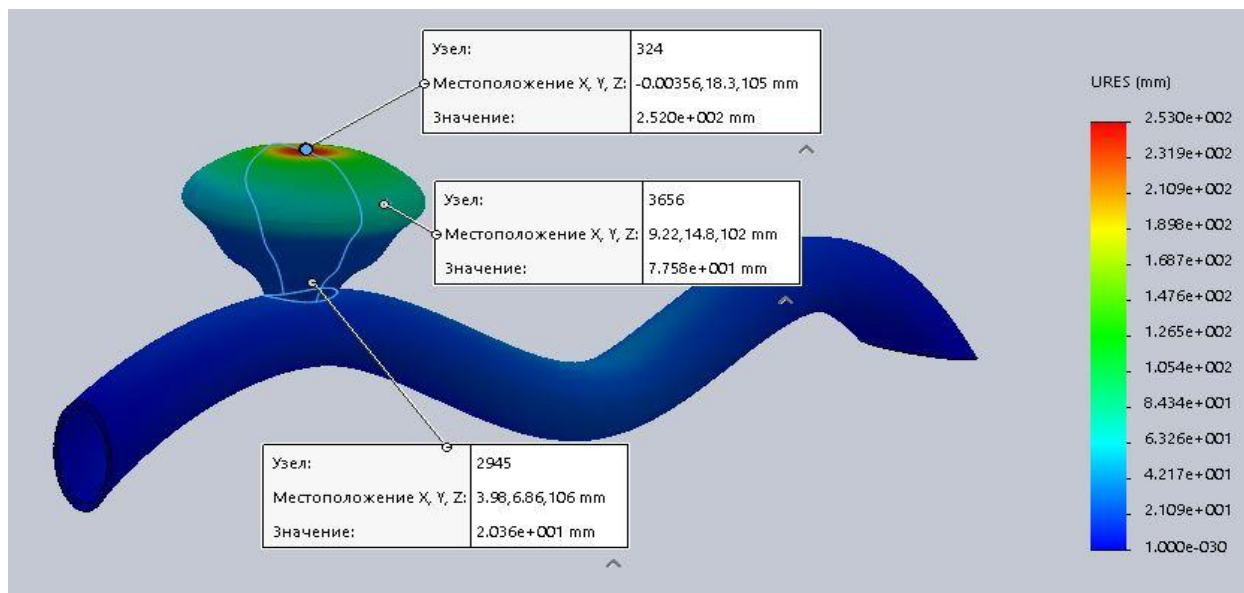


Рис. 2. Эпюра перемещений

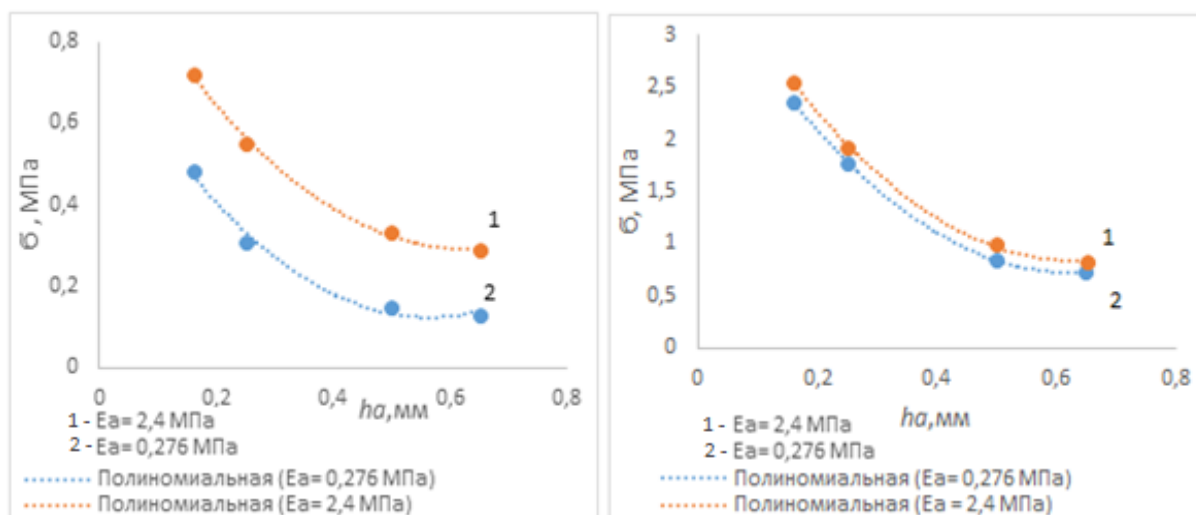


Рис. 3. График зависимости напряжения в структурах аневризмы от толщины стенок: слева – сферическая, справа – мешотчатая

Сравнив графики на рис. 3 и 4 можно заметить, влияния изменения модуля упругости аневризмы на напряжение и перемещение.

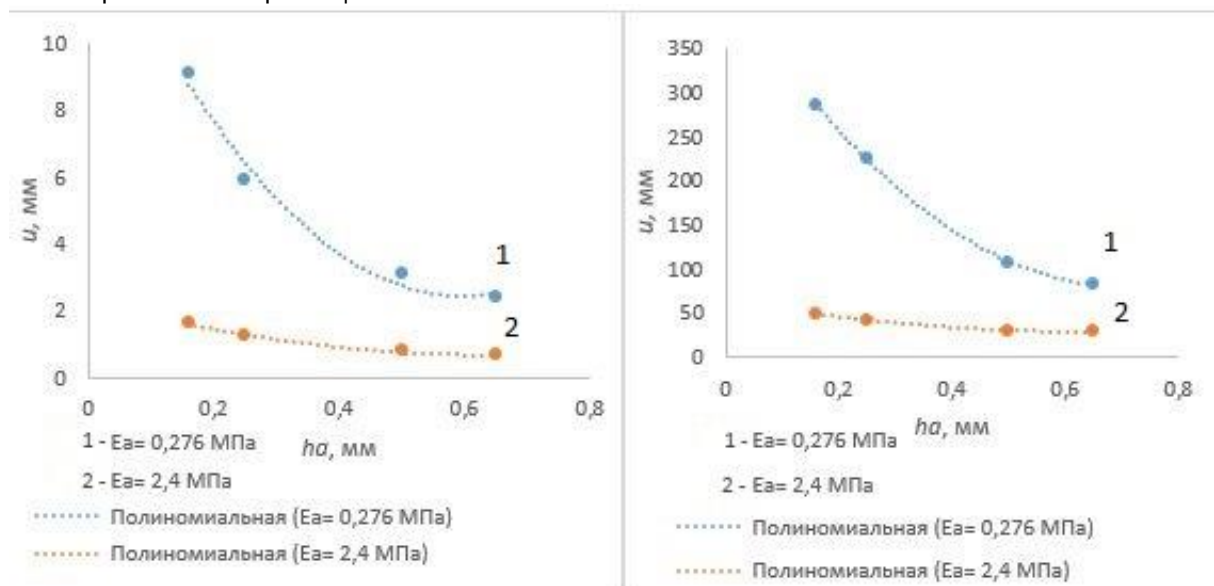


Рис. 4. График зависимости перемещения в структурах аневризмы от толщины стенок: слева – сферическая, справа – мешотчатая

Выводы

Проведен анализ влияния геометрических параметров и механических свойств аневризматических образований на напряженно – деформированное состояние патологически измененного кровеносного сосуда. Реализована методика, с помощью которой можно проводить предоперационную диагностику состояния аневризмы различных сосудов.

Библиографический список

1. Бегун П. И. Биомеханическое моделирование объектов протезирования. СПб.: Политехника 2011. 464 с.

УДК 612.13+612.29+796.01

Д. В. Подольских

студент кафедры медицинской радиоэлектроники

Е. А. Лебедева – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**Т. В. Сергеев** – старший преподаватель – консультант

СИСТЕМА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ЧЕЛОВЕКА НА ФИЗИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ

Существующие виды спорта можно классифицировать по требованию проявления силы, скорости (либо одновременно и силы, и скорости) и выносливости. Отбор будущего спортсмена в тот или иной вид спорта осуществляется, в том числе по такому свойству мышц, как скорость сокращения. По этому признаку выделяют медленные и быстрые мышечные волокна (МВ). Быстрые МВ способны проявлять большую силу и высокую кратковременную скорость, следовательно, они важны для скоростно-силовых видов спорта. Преобладающее количество медленных МВ определяет склонность человека к выносливым (циклическим) видам спорта.

Для циклических видов спорта очень важным является степень развития митохондриальной массы МВ. Митохондрии (МХ), «облепчивающие» мышцы одним слоем, представляют собой энергетические станции, где происходит ресинтез энергии, необходимой для осуществления любой мышечной деятельности. По количеству МХ мышцы можно классифицировать на окислительные (ОМВ) (МХ расположены по всей поверхности МВ, из-за чего последние можно считать практически неутомимыми), гликолитические (ГМВ) (МХ практически нет вокруг МВ, в связи с чем мышцы крайне быстро утомляются) и промежуточные (в них МХ больше, чем в гликолитических, но их количества все равно недостаточно для выполнения долгосрочной работы) [1].

Для улучшения своих выносливых способностей, помимо развитых мышц и МХ, спортсмен должен обладать развитой сердечной-сосудистой системой (ССС), способной выбрасывать большое количество крови за одно сокращение в связи с возросшими потребностями в кислороде мышечным и митохондриальным аппаратами. В случае слабого развития МХ функция вывода продуктов распада, образующихся в ходе мышечной деятельности (ионы водорода и чрезмерное выделение углекислого газа), будет в большей степени ложиться на дыхательную систему.

Способность человека переносить физическую нагрузку отражают такие параметры, как частота сердечных сокращений (ЧСС), артериальное давление (АД), частота дыхания и содержание углекислого газа (СО₂) в выдыхаемом воздухе. Для наиболее полного оценивания физической подготовленности спортсменов требуется параллельная непрерывная регистрация выше описанных физиологических параметров (ФП) до, во время и после выполнения конкретных физических упражнений [2].

Таким образом, целью работы является разработка системы для изучения физиологических реакций человека на физические нагрузки, направленные на разные типы МВ, а также регистрации и последующего анализа параметров кардиореспираторной системы. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: разработана структурная схема (рис. 1) системы для изучения физиологических реакций человека на физические нагрузки, осуществляющая одновременную регистрацию электрокардиограммы, артериального давления (по Пеназу) и потока вдыхаемого и выдыхаемого воздуха; разработан алгоритм проведения испытаний по переносимости физической нагрузки, направленной на различные группы мышц (на основе выполнения приседаний в разных режимах); разработан алгоритм обработки и анализа результатов; проведена апробация системы на основе использования спироартериокардиоритмографа САКР и ультразвукового капнометра.

Регистрация ЧСС и АД осуществляется аппаратом САКР. Блок кардиоритмографа в составе САКР по принципу работы аналогичен обычным переносным кардиографам. Однако принцип измерения АД спироартериокардиоритмографом отличается от аналогичных измерений обычными тонометрами.

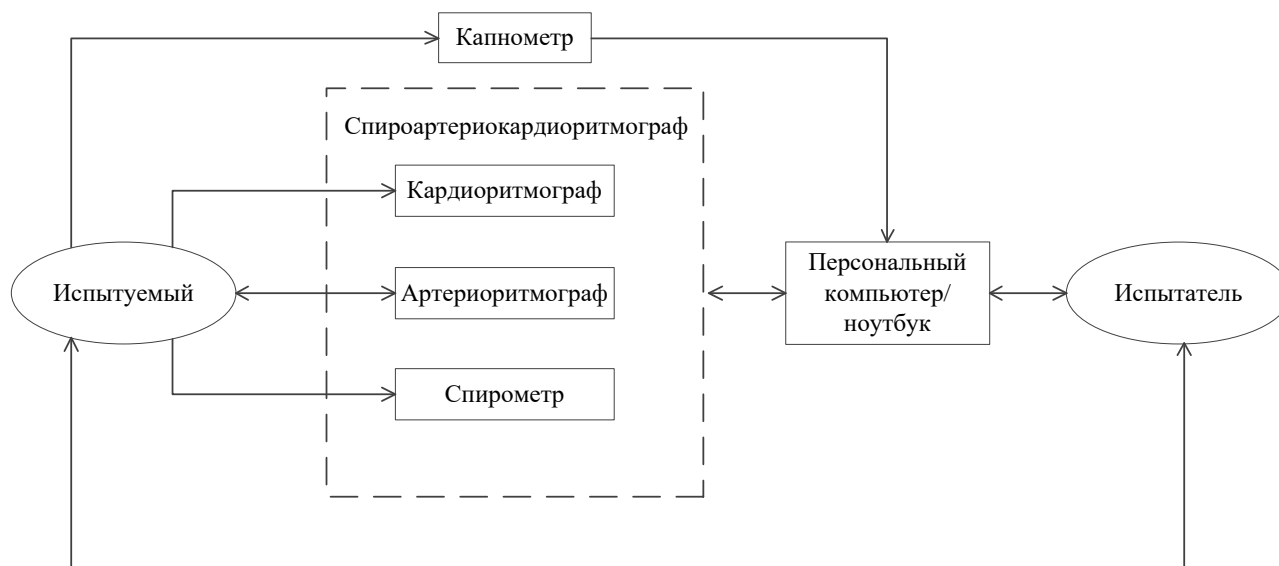


Рис. 1. Обобщенная схема системы по оцениванию переносимости физической нагрузки

Первое отличие состоит в ином расположении измерительной манжеты на теле человека (манжету тонометра располагают на плече, в то время как манжету САКР надевают на средний или указательный палец руки). САКР непрерывно регистрирует АД на основе методе «разгруженной артерии» (состояние давления внутри сосудов равно давлению вне их), предложенного в 1969 г. чешским исследователем Пеназом. Суть метода заключается на непрерывной оценке объема сосудов пальца с помощью оптического датчика, расположенного в той же манжете. Фотоплетизмографический сигнал датчика управляет работой электронно-пневматической системы, регулирующей давление воздуха в манжете так, чтобы объем сосудов в пальце был постоянным. Колебания регулирующего давления в манжете полностью соответствуют давлению крови в артериях пальца [3].

Хотя САКР имеет в своем составе спирометр, данный блок не был задействован в исследовании, т. к. в нем отсутствует возможность измерения концентрации CO_2 в выдыхаемом воздухе. Для регистрации данного ФП был использован ультразвуковой проточный капнометр КП-01 «ЕЛАМЕД». В основе работы прибора лежит ультразвуковой метод, заключающийся в измерении концентрации CO_2 в выдыхаемом воздухе по коэффициенту его поглощения ультразвуковыми колебаниями. Данная зависимость носит прямо пропорциональный характер. Сам аппарат позволяет, помимо измерения значения концентрации CO_2 , вычислять временные параметры дыхания (длительность и частота дыхательных циклов; отношение длительностей вдоха к длительности выдоха) в режиме реального времени. При подключении капнометра к компьютеру параметры дыхания представляются в виде капнограммы, отражающий общий тренд дыхания.

Для тестирования разных типов МВ необходимо подобрать одно и то же упражнение с регулируемым уровнем интенсивности. В данной работе не имеется возможности применить тренажеры с регулируемой степенью отягощения. Поэтому в качестве нагрузки для мышц было выбрано упражнение «приседания с собственным весом», выполняемое в режиме динамики для ГМВ и в режиме статодинамики для ОМВ. Интенсивность упражнения в данном исследовании регулируется амплитудой и скоростью выполнения. Подобные вариации приседаний позволяют в равной степени утомить оба типа МВ за приблизительно один и тот же промежуток времени [4, 5].

Алгоритм исследования заключается в проведении двух опытов: в первом нагрузке подвергаются сначала ГМВ, далее – ОМВ; во втором порядок тестирования МВ необходимо поменять местами. Изменение порядка следования нагрузок разной интенсивности необходимо для получения одинаковых физиологических реакций в обоих опытах.

По зарегистрированным кривым ЧСС, АД и концентрации CO_2 вычисляются скорости и время восстановления соответствующих ФП к значениям в состоянии покоя. Чем выше значения данных величин, тем лучше испытуемый восстанавливается после нагрузок. По графикам кривых представляется возможным косвенно измерить аэробный и анаэробный пороги испытуемого, характеризующие вы-

носливые способности организма. Аэробный порог характеризует вовлечения в работу всех ОМВ организма, то есть их максимально поддерживаемую силу без какого-либо снижения работоспособности. Переход между аэробным и анаэробным порогами характеризует постепенное вовлечение в работу части ГМВ без заметного снижения работоспособности. Анаэробный порог показывает момент резкого увеличения продуктов распада в мышцах и крови за счет активности большого количества ГМВ, что в скором порядке приводит к прекращению выполнения работы.

Были разработаны система и методика изучения физиологических реакций человека на физические нагрузки разной интенсивности. Поскольку в современных видах спорта для диагностики здоровья и физической тренированности спортсменов применяются те или иные технические аппараты и методики, применение системы, обеспечивающей регистрацию сразу нескольких ФП, будет всегда актуальным. Разрабатываемая система не требует значительных финансовых вложений; располагает возможностью визуального отображения динамики ФП, простотой проведения испытаний и освоения программного обеспечения, а также занимает небольшую площадь рабочего пространства.

Библиографический список

1. Мякинченко Е. Б., Селуянов В. Н. Развитие локальной мышечной выносливости в циклических видах спорта. М.: ТВТ Дивизион, 2009. 360 с.
2. Kenney W., Wilmore J., Costill D. *Physiology of Sport and Exercise*, 6th Edition. Human Kinetics Australia P/L, 2015. 660 p.
3. Романчук А. П., Носкин Л. А. Комплексный подход к диагностике состояния кардиореспираторной системы у спортсменов. Одесса: Феникс, 2011. 256 с.
4. Коц Я. М. Спортивная физиология: учебник для институтов физической культуры. М.: Физкультура и спорт, 1998. 200 с.
5. Мякинченко Е. Б., Селуянов В. Н. Оздоровительная тренировка по системе Изотон. М.: Спорт-АкадемПресс, 2001. 68 с.

УДК 615.47:621.37.39

А. Г. Савельев

студент кафедры медицинской радиоэлектроники

Б. С. Гуревич – профессор, доктор технических наук – научный руководитель

АКУСТООПТИЧЕСКИЙ ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЙ ФИЛЬТР КАК ИНСТРУМЕНТ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Интенсивное развитие биомедицинской техники, которое наблюдается в последнее десятилетие, выставляет ряд новых требований не только к оптическим, но и оптико-электронным устройствам, которые используются в новых биотехнических системах. Одним из них является потребность обеспечения обработки изображений (быстрой) биологических объектов, которая могла бы дать новые данные (наглядные) для оперативной диагностики.

Среди способов обработки изображений биологических объектов зачастую выделяют многоспектральную обработку, то есть мультипликацию цветных изображений в последовательности монохромных субизображений, каждое из которых соответствует своему собственному интервалу длин волн. Часто под обработкой (многоспектральной) понимают разделение изображения (чаще всего полихромного) на субизображения по нескольким спектральным интервалам.

Акустооптический перестраиваемый фильтр – акустооптическое устройство, на вход которого падает свет со сложным спектральным составом, а на выходе свет с определенной длиной волны. Выделяется свет с той длиной волны, для которой угол падения входного пучка света равен углу Брэгга. Изображение фильтра представлено на рис. под номером 1 [1].



Рис. 1. Изображение АОПФ

Физика явления АОПФ состоит в дифракции Брэгга. Основой (физической) акустооптических устройств является дифракция света на акустической волне. Акустические колебания в твердом теле представляют собой периодические изменения постоянной решетки кристалла вокруг значения. Это означает, что акустическая волна влечет за собой осцилляции плотности среды. В случае прозрачной среды они сопровождаются соответствующими колебаниями показателя преломления. Таким образом, акустическую волну в среде можно рассматривать как фазовую дифракционную решетку, движущуюся в направлении распространения волны. Основное отличие от обычных дифракционных решеток состоит в том, что при движении акустической волны возникает явление, доплеровский сдвиг частоты дифрагированного света, то есть сдвиг частоты света равен частоте колебаний акустической волны, умноженный на номер порядка дифракции.

Брэгговская дифракция – явление рассеяния волн на периодической решетке рассеивателей при определенных углах падения и длинах волн. Падающая волна последовательно отражается от каждого слоя периодической структуры; все отраженные лучи идут в одном направлении, что позволяет им интерферировать. Если все отраженные волны синфазны, то интерференция конструктивна и возникает отраженный луч. Условие Брэгга остается справедливым при дифракции излучения, электронов и нейтронов в кристаллах, при дифракции в слоистых и периодических структурах излучения

радио – и оптического диапазонов, а также звука. На рис. 2 продемонстрирован принцип работы дифракции. [2]

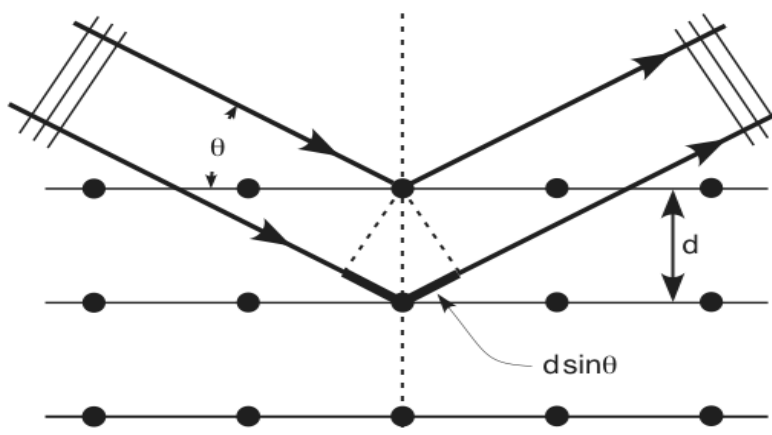


Рис. 2. Дифракция Брэгга

Пропуская белый свет через кристалл, формируется пучок акустических колебаний – происходит колебание показателя преломления, следовательно, решетка – бегущая, фазовая, дифракционная.

При наличии акустической длины волны в 1-й порядок дифракции пройдет только свет. Если длина волны равна условию Брэгга, то длина волны света и ультразвука не пройдут. Остальные лучи пройдут без дифракции.

Используемый материал – парателлуриит (рис. 3). Техническое название – TeO_2 . Кристалл имеет анизотропную структуру (по явлению) и собственные оси. Медленная сдвиговая волна в парателлуриите обеспечивает дифракционную интенсивность при малых модулях акустического сигнала. Мощность сигнала может достигать десяти милливольт. Чтобы добиться более 90 % проходимости света длина волны должна проходить через первый порядок [1].

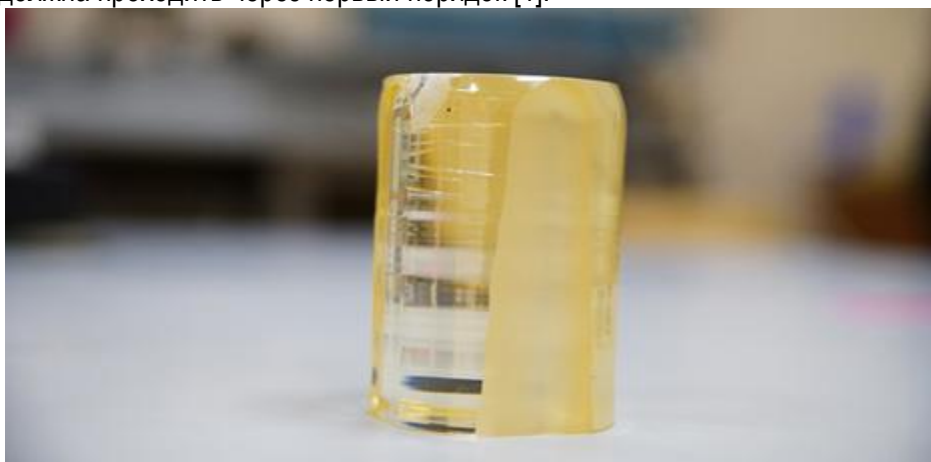


Рис. 3. Парателлуриит (TeO_2)

Обратимся к последовательности действий обработки изображений (рис. 4). Свет от исследуемого образца (1) попадает на фокусирующую линзу (2), и с помощью диафрагмы (3) из прошедшего через линзу света удаляются лучи вне угловой апертуры фильтра. Сфокусированный свет попадает на акустооптическую ячейку (4). Из рисунка следует, что из ячейки выходят три расходящихся световых пучка, соответствующие прошедшей волне нулевого порядка. Распространение волны нулевого порядка перекрывается непрозрачным экраном (6) для снижения фоновой засветки. В свою очередь, дифрагированные волны попадают на матрицы приемников (5 и 7 соответственно).

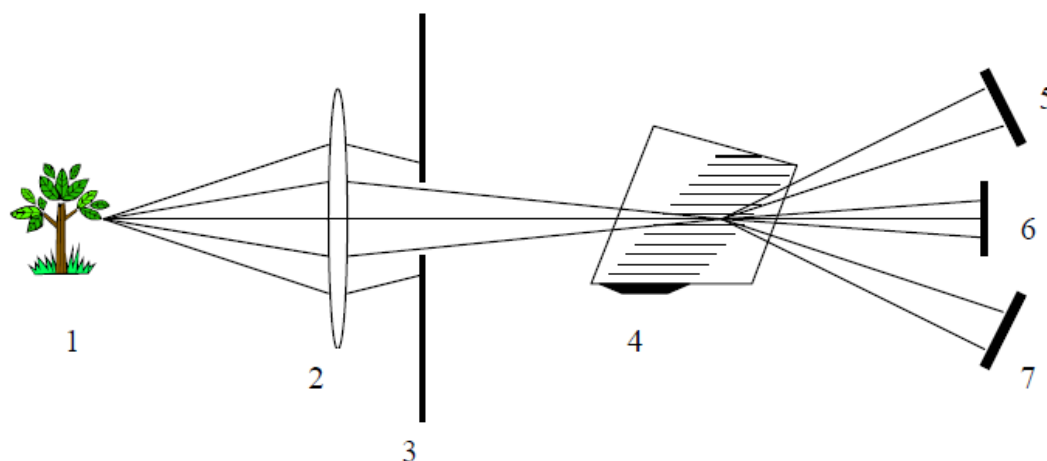


Рис. 4. Принцип обработки изображений через АОПФ

Акустооптический перестраиваемый фильтр можно рассматривать как дифракционный элемент. Его важнейшим достоинством можно выделить то, что свет, выделяемый устройством, любой длины волны направляется всегда в одном и том же направлении, что исключает необходимость механических подстроек.

Библиографический список

1. Колесников А. И. Перестраиваемый акустооптический фильтр на основе кристаллов парателлурита. М.: Радио и связь, 2012.
2. Мухамадиев М. А. Акустооптические перестраиваемые фильтры // Датчики и системы. 2006. № 10. С. 14–16.

УДК 617.7-089

А. А. Сафронова

студентка кафедры медицинской радиоэлектроники

П. И. Бегун – доктор технических наук, профессор – научный руководитель

БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУР ГЛАЗА ПРИ КОРРЕКЦИИ БЛИЗОРУКОСТИ И ДАЛЬНОЗОРКОСТИ

Введение

Согласно данным Всемирной организации здравоохранения у 88 млн человек имеется такое заболевание как гиперметропия в эту статистику входят 15 млн россиян. 1,6 млрд людей страдают таким заболеванием как миопия и в последние годы эта цифра растет вверх. Последние 25 лет активно применяются эксимерные лазеры для лечения рефракционных отклонений. Главная задача состоит в поиске эффективного, безопасного и стабильного результата кераторефракционной операции [1, 2].

Цель данной работы заключается в построении конечно – элементной модели в программном пакете SolidWorks, которая позволяет оценить изменения радиуса кривизны в зависимости от индивидуальных биомеханических свойств роговицы при учете метода проводимой операции.

Суть операции при миопии заключается в удалении поверхностного эпителия, для достижения результата уплощения. Операция при коррекции гиперметропии заключается в удалении кольцевого слоя роговицы, для придания ей более шаровидной формы. При операции Lasik формируется лоскут специальным прибором – микрокератором, после проведения операции лоскут возвращается на место, в случае PRK происходит удаление поверхностного слоя стромы механическим способом, затем следует воздействие лазерным лучом.

Материалы и методы

Материал роговичной оболочки представляется сплошным, упругим, изотропным, модель имеет жесткое закрепление по наружному контуру, приведенные биомеханические параметры усреднены и соответствуют параметрам реального органа. Согласно работе [1] при Lasik происходит удаление кольцевого слоя, диаметр которого составляет 6 мм, ширина 1,375 мм, глубина не более 1,72 мм – в случае гиперметропии. При миопии диаметр удаляемого слоя 8–9,5 мм, отделяемый лоскут 20–40 % от толщины стромы [3]. Отличие операции Lasik от PRK заключается в формировании лоскута. Последнее предназначено для пациентов с недостаточной толщиной роговичной оболочки, для проведения операции Lasik. Внутриглазное давление задается в пределах нормы – 15 мм рт. ст.

Результаты

На рис. 1 представлены эпюры перемещений роговицы после операции при миопии и гиперметропии. Модуль упругости принимается 0,3 МПа, коэффициент Пуассона – 0,49, массовая плотность – 1150 кг/м³. Геометрические параметры роговицы: радиус $r_p = 7,8$ мм, толщина $h_p = 0,6$ мм.

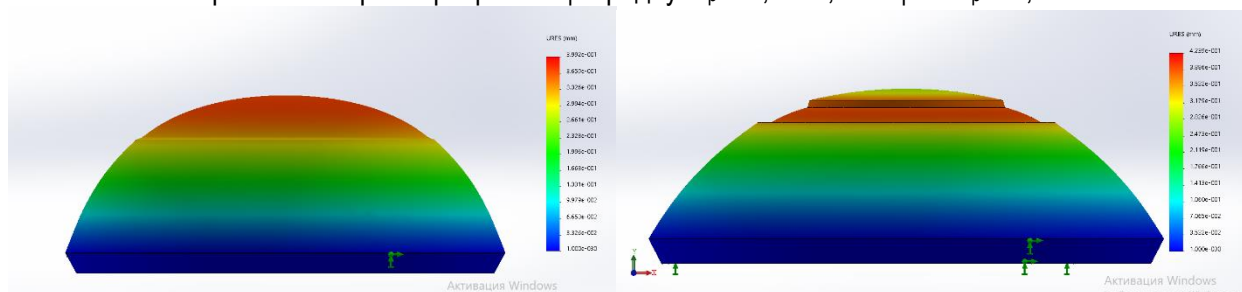


Рис. 1. Эпюры перемещений роговицы с произведенным срезом при миопии (слева) и гиперметропии (справа)

Для выявления зависимости перемещения в центре поверхности роговичной оболочки было проведено 5 исследований. Внешний радиус удаляемого слоя остаются постоянными – 4 мм, меняется лишь глубина среза от 0,05 мм до 0,22 мм – при миопии.

При гиперметропии было проведено 4 исследования с изменением глубины удаляемого кольцевого слоя от 0,014 до 0,17 мм. Зависимости перемещений в центре поверхности роговичной оболочки представлены на рис. 2.

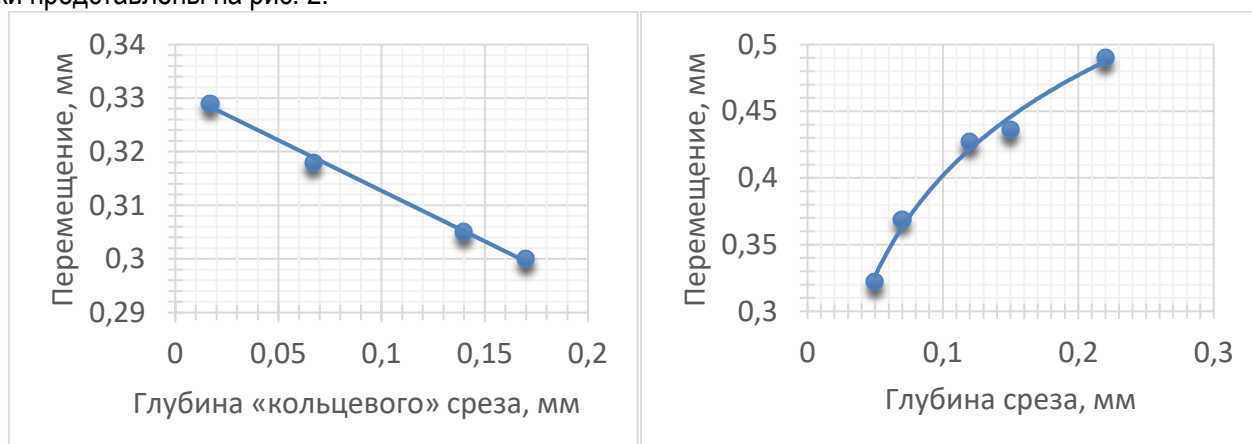


Рис. 2. Зависимости перемещений в центре поверхности роговичной оболочки при миопии (слева), при гиперметропии (справа)

На рисунке слева прослеживается, что при большей глубине среза, возникает большее перемещение в центре наружной поверхности роговичной оболочки. Справа – при кольцевом срезе, наблюдается обратная картина, при увеличении глубины среза происходит меньшее перемещение.

Также были проведены исследования с изменением радиуса кольцевого среза при гиперметропии. Полученные результаты сопоставлены с результатами работы [4] выполнены в программе ANSYS. В табл. 1. представлены геометрические параметры удаляемых слоев.

Таблица 1

Геометрические параметры удаляемых слоев

| Параметр | Ед. изм. | Исследование 1 | Исследование 2 | Исследование 3 | Исследование 4 |
|-------------------|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Внутренний радиус | мм | 2,4 | 3,6 | 3 | 3,35 |
| Глубина | мм | 0,1875 | 0,135 | 0,227 | 0,2032 |
| Ширина | мм | 1,2 | 1,2 | 0,375 | 1,375 |

На рис. 3 приведены зависимости перемещений в центре поверхности роговичной оболочки от вида проводимого среза. Точками обозначены полученные результаты исследования. Аппроксимирующая кривая 1 – результаты исследования, кривая 2 – результаты, приведенные в [4].

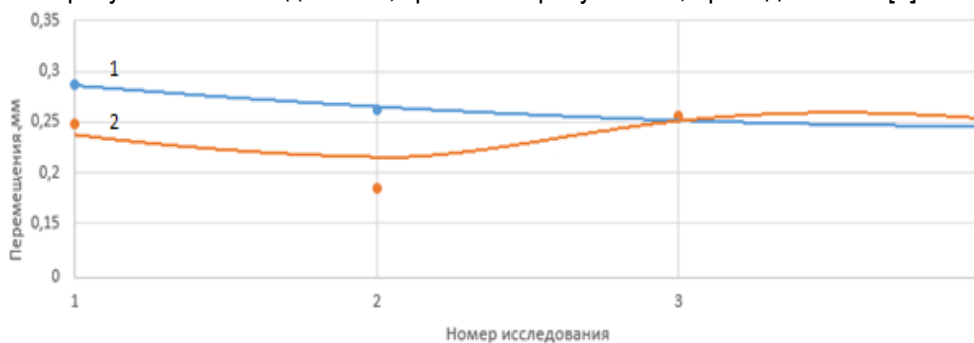


Рис. 3. Зависимости перемещения в центре поверхности роговичной оболочки от вида проводимого среза

Результаты исследований хорошо коррелируются. Средняя погрешность вычислений составила 15 %, что объясняется разным числом конечных элементов и программами, в которых проводились исследования.

Выводы

В табл. 2 представлены расчеты исследований для хирургических операций в соответствии с табл. 1. В результате работы было выяснено, что радиус кривизны роговицы после операции в различных ее точках неодинаков (табл. 2), это происходит за счет неоднородного искривления, так как при удалении части стромы происходит уменьшение жесткости в местах, где был произведен срез стромы. Так, например, в «Исследование 1» радиус кривизны варьируется от 7,41 до 8,83, в «Исследование 2» от 7,15 до 8,71. Разница в исследованиях обусловлена геометрическим различием параметров удаляемых слоев.

Таблица 2

Радиусы кривизны роговицы после операции

| № точки на меридиане роговицы | Радиус кривизны по результатам четырех исследований, мм | | | |
|-------------------------------|---|----------------|----------------|----------------|
| | Исследование 1 | Исследование 2 | Исследование 3 | Исследование 4 |
| 1 | 8,83 | 8,71 | 9,08 | 8,98 |
| 2 | 7,41 | 7,74 | 7,71 | 7,51 |
| 3 | 7,92 | 7,15 | 7,08 | 6,72 |

Нумерация радиуса производится по порядку от центра роговицы. На основе данных отображенных в табл. 2 можно сделать вывод, что при проведении операции невозможно вернуть роговице изначальную форму: которая приближена к форме идеальной полусферы. В связи с этим нельзя добиться восстановления зрения полностью. В данной работе были произведены исследования с одним модулем упругости. По мнению разных авторов, он варьируется от 0,34 МПа до 13,6 МПа [5–9], что дает слишком большой разброс, так как именно этот показатель является одним из основных биомеханических факторов, определяющих результат операции по коррекции зрения. В связи с этим необходимы дальнейшие исследования в этой области.

Библиографический список

1. Федотова Л. А., Куликова И. А. Преимущество лечения гиперметропии с использованием фемтосекундного лазера // *Здравоохранение Чувашии*. 2009. № 2. С. 47–50.
2. Семенов Н. А., Дога А. В., Руднева М. А. ЛАЗИК в коррекции гиперметропии на российской эксимерлазерной сканирующей установке «Микроскан» // *Офтальмохирургия*. 2005. № 4. С. 13–15.
3. Патева Т. З., Паштаев Н. П. IntraLASIK и LASIK: особенности формирования роговичного лоскута у пациентов с плоской роговицей // *Современные технологии катарактальной и рефракционной хирургии*. 2011: сб. науч. статей ФГУ «МНТК «Микрохирургия глаза». М., 2011. 472 с
4. Франус Д. В. Конечно – элементные модели механики деформируемого тела в задачах офтальмологии. URL: www.new.pdfm.ru/35tehnicieskie/127464-1-franus-dmitriy-valerevich-konechno-elementnie-modeli-mehaniki-deformiruemogo-tela-zadachah-oft.php (дата обращения: 01.03.2019).
5. Hoeltzel D., Altman P., Buzard K. Strip extensometry for comparison of the mechanical response of bovine, rabbit, and human corneas. *J. Biomech. Eng.* 1992. P. 202–215.
6. Woo S., Kobayashi A., Schegel W. Nonlinear material properties of intact cornea and sclera. *Exp. Eye Res.* 1972; 14 (1). P. 29–39.
7. Hjortdal J. Regional elastic performance of the human cornea. *J. Biomech.* 1996; 29. P. 931–942.
8. Seiler T., Matallana M., Sandler S. Does Bowman's layer determine the biomechanical properties of sclera? *J. Cataract. Refract. Surg.* 1992; 8. P. 139–142.
9. Iomdina E. comparative biomechanical properties of the cornea and the sclera Proc. of 14th European Society of Biomechanics (ESB) conference. 2004; CD Edition.

УДК 617-7

Д. М. Устинова

студентка кафедры медицинской радиоэлектроники

Н. А. Горелова – старший преподаватель – научный руководитель

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХКОМПОНЕНТНОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНОВ НА 3D-ЧИПАХ И ПРИМЕНЕНИЕ ИХ В ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОЙ МЕДИЦИНЕ

Одной из наиболее совершенных модельных систем для тестирования лекарств, изучения воздействия химических веществ и биологических агентов на организм человека является система «органов на чипе». Данная модель точно воспроизводит функции органов человека, их реакции на тестируемые соединения, а также обладает преимуществом перед представленной ранее 2D-моделью и экспериментами над животными.

Изучаемая система состоит из печени, сердца и легких, интегрированных в замкнутую систему кровообращения и перфузии, где каждый элемент представляет собой микрофлюидное устройство, воспроизводящие микроархитектуру и динамическое микроокружение живых органов человека (рис. 1).

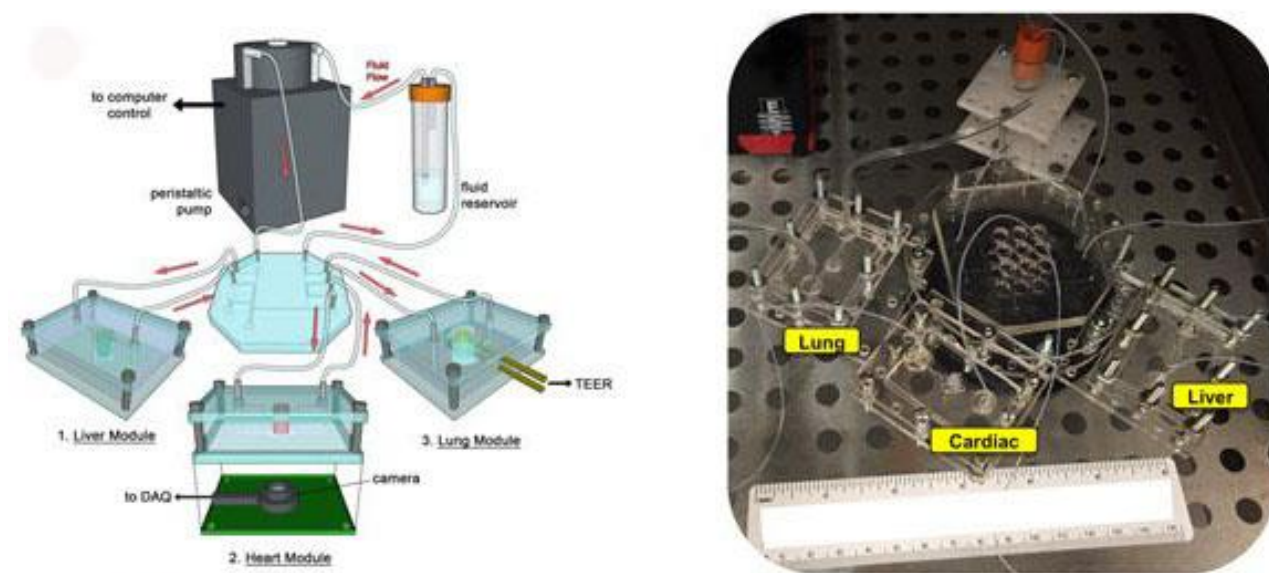


Рис. 1. Трехмерная модель системы «органов на чипе» и фотография установки

Достоверность клинических испытаний была подтверждена на каждом органе в отдельности путем тестирования на них известных веществ.

Печень, после ее стабилизации и получения положительных результатов при проверке размеров и жизнеспособности гепатоцитов, звездчатых клеток и клеток Купфера, а также активности АТФ, подвергалась воздействию ацетаминофена (панadol) и клинически применяемой контрольной меры ацетилцестеина (рис. 2).

При этом были получены следующие значения, которые соответствуют ожидаемым: в первой группе, куда добавляли 10 единиц ацетаминофена, уровни альбумина и мочевины значительно снижались, а уровни лактатдегидрогеназы (LDH) и α -глутатиона-S-трансферазы (α -GST), цитоплазматических белков, которые указывают на гибель клеток печени, увеличивались, при этом в совокупности с дозой 20 единиц ацетилцестеина, уровни этих соединений оставались примерно такими же, как и в контрольной группе, а их жизнеспособность составляла 60 %.

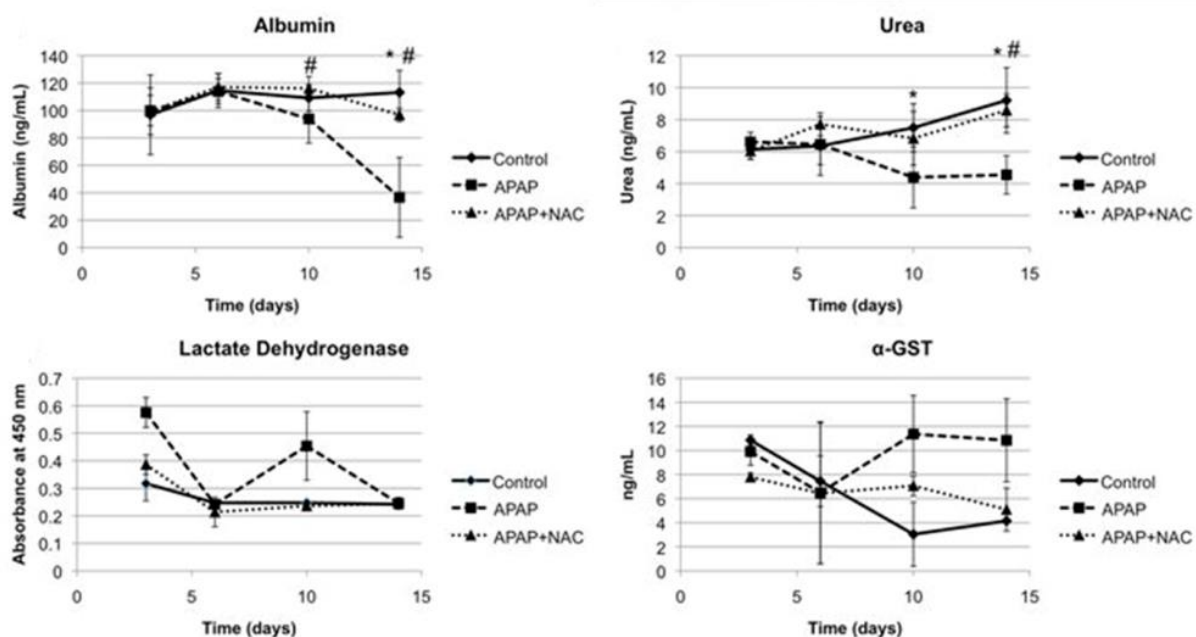


Рис. 2. Графики изменения концентрации альбумина, мочевины, лактатдегидрогеназы и α -глутатиона-S-трансферазы (α -GST) в контрольной группе, группе после воздействия ацетаминофена (APAP) и в группе, где была введена контрольная мера ацетилцестеина

Сердце тестировали с помощью введения кардиоактивных препаратов, так как токсичное воздействие на сердце проявляется как изменение частоты сердечных сокращений. Здесь тестировались такие кардиостимулирующие средства как: изопротеренол и эпинифрин (адреналин), а также противоритмическое средство хиндин и пропранолол, который уменьшает частоту сердечных сокращений и силу сердечного выброса. На рис. 3 наглядно представлено блокирующее воздействие пропранолола на адреналин.

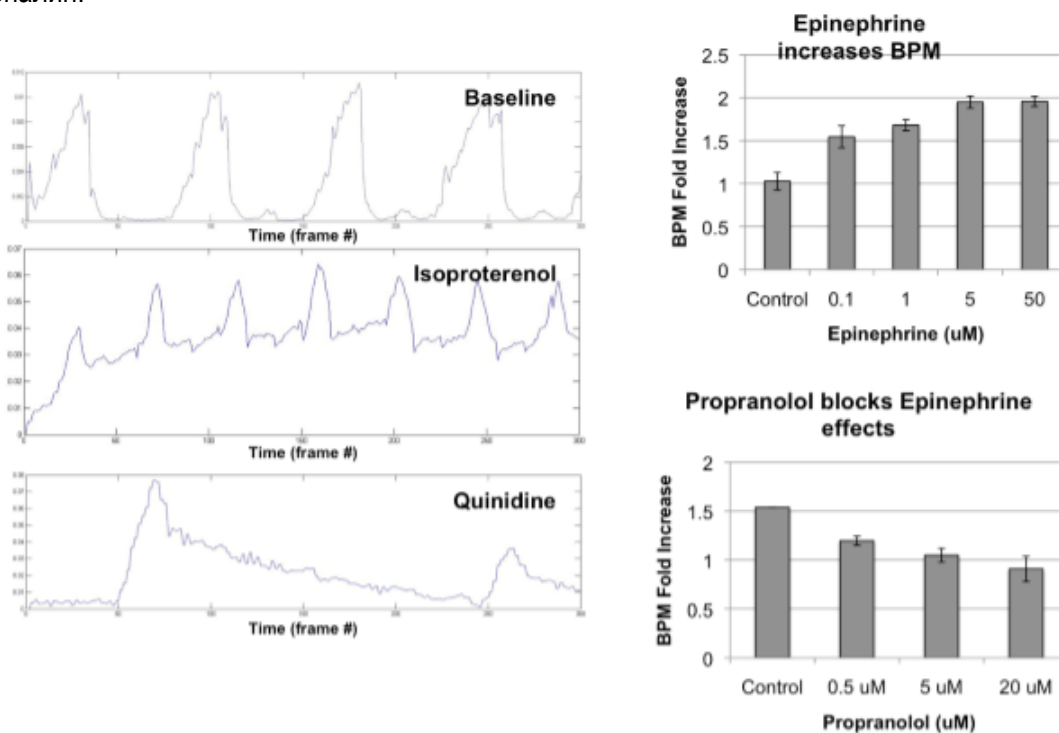


Рис. 3. Кардиограммы органа «сердце на чипе» после воздействия кардиостимулирующих веществ (изопротеренол, эпинифрин и хиндин)

Однако после соединения сердца и печени в одну систему, построенную по модульному принципу и с учетом соотношения масс, изучение эффектов адреналина и пропранолола в этом случае дало совсем другие результаты (рис. 4).

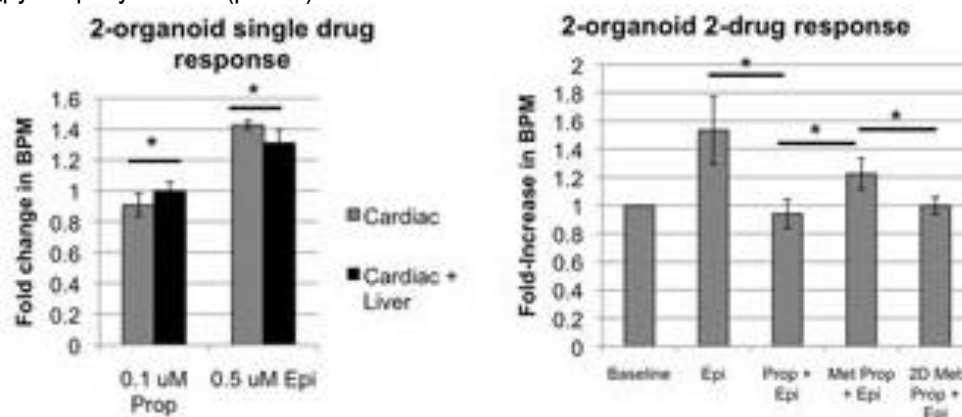


Рис. 4. Диаграммы, отражающие изменение воздействия адреналина и пропранолола после соединения сердца и печени в одну систему

После введения адреналина частота биений увеличилась, что указывает на значительную инактивацию пропранолола конструкцией печени.

Еще один эксперимент был проведен после включения в систему легкого и тестирования такого препарата как блеомицин, использующегося при лечении некоторых видов рака и вызывающего фиброз легких и воспаление. В этом случае было выявлено ранее неизвестное его влияние на сердце: органоид прекратили биение. Последующее изучение блеомицина позволило объяснить такой результат. Легкие, обработанные блеомицином секретируют интерлейкин-1, являющийся кардиотоксическим веществом.

Рассмотренные примеры отражают преимущества системы органов на 3D-чипах: они корректно симулируют влияние уже изученных веществ и выявляют новые результаты тестирований.

Система «органов на чипе» может применяться в фармакологии, экологии, а также в персонализированной медицине. Используя клетки конкретного человека при построении системы, можно получить наиболее точные данные о воздействии лекарства именно на его организм. Такой подход к лечению возможен благодаря превосходству «органов на чипах» над 2D-моделями и над испытаниями на животных (обусловлено межвидовыми различиями в метаболизме и иммунологии, способствующими скорости рассасывания лекарств).

Для проведения подобного исследования необходимо:

- 1) получить индуцированные плюрипотентные стволовые клетки (iPS) пациента. Данный тип клеток обладает почти теми же свойствами, что и эмбриональные стволовые клетки, а значит из них можно вырастить любые типы клеток;
- 2) узнать соотношение масс органов, включенных в исследуемую систему;
- 3) синтезировать жидкость, сходную по составу с кровью пациента.

Таким образом, развитие и дальнейшее использование системы «органов на чипах» в медицине, в частности – в персонализированной, позволит максимально быстро и грамотно составить план лечения пациента.

Библиографический список

1. Multi-tissue interactions in an integrated three-tissue organ-on-a-chip platform. URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-017-08879-x.pdf> (дата обращения: 18.02.2019).
2. Human Organs-On-Chips. URL: <https://wyss.harvard.edu/technology/human-organs-on-chips> (дата обращения: 15.02.2019).
3. A Human Breathing Lung-on-a-Chip. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5467107> (дата обращения: 15.02.2019).

УДК 371.68

Е. Ю. Чикина

студент кафедры медицинской радиоэлектроники

О. В. Тихоненкова – доцент, кандидат технических наук – научный руководитель

ВИРТУАЛЬНАЯ ЛЕКЦИОННАЯ КОМПОЗИЦИЯ КАК СРЕДСТВО ОБУЧЕНИЯ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ

Введение

Исследований виртуальной реальности в педагогике и психологии проводится не много, особенно это касается дидактики и практики воспитательных воздействий. Конечно, одной из главных причин этому выступает сложность, высокие материальные затраты данных исследований не только в нашей стране, но и за рубежом. А. Е. Войскунский, подчеркивая необходимость расширения зон использования виртуальной реальности (ВР), писал: «Большой объем задач стоит перед психологией обучения, или педагогической психологией. В настоящее время способы организации обучения, в том числе профессионального и группового, в виртуальной среде только нащупываются...» [1].

Таблица 1

Положительные и отрицательные аспекты виртуального образования

| <i>Положительные аспекты</i> | <i>Отрицательные аспекты</i> |
|---|--|
| Возможность обучаться в любое время/месте | Необходима сильная мотивация |
| Возможность обучаться в своем темпе | Проблема идентификации пользователя |
| Высокие результаты обучения | Недостаточная компьютерная грамотность |
| Мобильность | Машинообразность |
| Индивидуальный подход | Физиологические |

Впервые термин «виртуальная реальность» (ВР) услышали от Джарона Ланье (Jaron Lanier) в 1989 г. Это понятие имеет много смыслов: от работы в Интернете до создания иммерсивных 3D информационных сред с помощью сложных технических приспособлений – шлемов виртуальной реальности, комнат, сенсоров, трекеров, гироскопов, сервокостюмов и прочего. Для обучения будущих специалистов ВР в основном используется в качестве особого информационного пространства, где обучающийся может получить определенные сведения, осуществлять контакты, элементы научно-учебной и проектной деятельности. Так, например, интересным представляется опыт создания виртуального пространства MARK. SPACE, в котором представлены магазины различных брендов, офисы крупных компаний, научные труды, статьи, творческие материалы, фото-видеоматериалы разных педагогов и магистрантов Герценовского университета, современные информационные интерактивные ресурсы (форумы, видеоконференции, интерактивные модели, обучающие курсы) [2]. Создание подобных информационных ресурсов выступает значимым направлением современного обучения, поскольку, если в данном пространстве оборудовать «помещение» для обучения специалистов, студенты смогут отрабатывать свои навыки, затрачивая при этом минимальные ресурсы.

MARK. SPACE

MARK. SPACE это расширение реальности в виде виртуальных пространств, визуально и функционально приближенных к действительности и доступных со всех компьютерных, мобильных и VR/AR/MR/XR устройств [2].

Сама платформа выглядит как город (рис. 1). По нему можно перемещаться и заходить в различные здания.

Само пространство, в котором будет проводиться обучение, выглядит как комната. На рис. 2 представлена пустая комната, которая оборудована только экраном и информационной книгой.

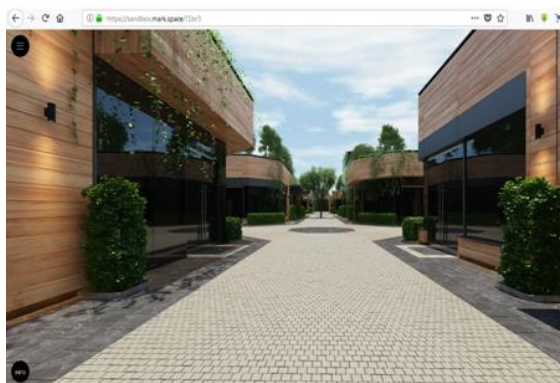


Рис.1 – Вид виртуальной платформы MARK.SPACE

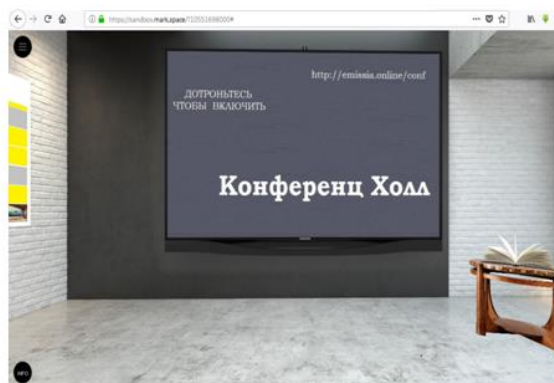


Рис.2 – Виртуальная комната в пространстве MARK.SPACE

Проект виртуальная лекционная композиция

Идея данного проекта состоит в том, чтобы студент, например, медицинского вуза мог без проблем в университете проходить практику в виртуальной лекционной композиции.

Вся система будет состоять из двух блоков это перчатки виртуальной реальности (рис. 3) и сама виртуальная комната, оборудованная для обучения.

Входя в комнату для обучения, программа сначала будет предлагать проверить все подключения (Например, Bluetooth). Далее будет происходить настройка перчаток и датчика, можно сказать, проверка верного положения рук и приборов на экране (калибровка реальных и виртуальных перчаток).

Помимо перчаток у студента будет датчик (рис. 4), похожий на ручку, который символизирует различные инструменты врача. Нужный инструмент можно будет выбрать в самой комнате в зависимости от проводимой практики.



Рис.3 – Контроллер Gloveone в виде перчаток виртуальной реальности. Такая перчатка оснащена 10 вибромодулями (для обратной связи) и шестью гироскопами, позволяющими максимально точно отслеживать движения. Подключение производится с помощью Bluetooth



Рис.4 – Датчик, символизирующий медицинские инструменты

После полной калибровки, студент начинает работать с данными инструментами, выполнять поставленную педагогом задачу.

Например, это откачивание жидкости из колена (рис. 5). Студенту будет необходимо сделать все нужные действия: разрезать, закрепить, откачать жидкость, снять крепление и зашить разрез. Здесь датчик будет иметь вид инструмента шприц, которым откачает жидкость. Далее студент нажима-

ет на кнопку «Завершить операцию» и по окончании программа выдаст отчетный лист и проинформирует студента о верном или неверном выполнении практического задания.

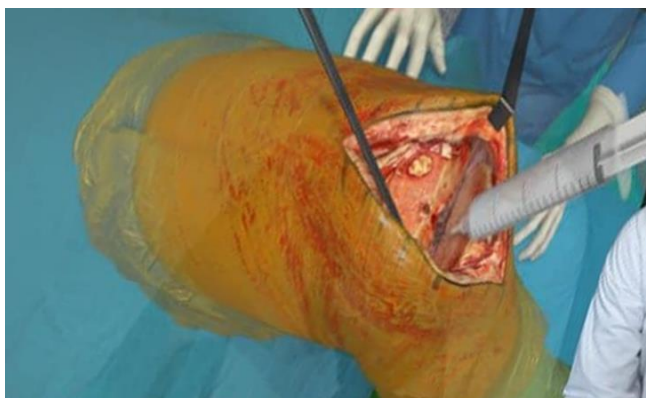


Рис. 5. Пример проводимой операции в виртуальной лекционной композиции

Вывод

Обучающие программы, созданные в ВР, имеют высокий потенциал стимулирующего влияния на процессуальные и операциональные характеристики мышления учащегося, креативность, на формирование специфически познавательной мотивации, интереса к обучению и создание позитивных, гармоничных психических состояний.

Для создания такой практической модели обучения потребуется огромная работа программистов и различные финансовые затраты.

При внедрении такого практикума для студентов, исключатся ошибки на живых людях. Студенты будут более компетентны в своей области после выпуска из университета.

Библиографический список

1. Войскунский А. Е. Психология и Интернет. М.: Акрополь, 2010. 439 с.
2. MARK. SPACE. URL: <https://live.mark.space/ru/about> (дата обращения: 05.05.2019).
3. Ахаян А. А. Обучение в сотрудничестве в современной сетевой парадигме // Письма в Эмиссия. Офлайн. URL: <http://met.emissia.org/offline/2016/met057.html> (дата обращения: 11.05.2019).
4. ГОСТ 7. 1-2003 СИБИД. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200034383> (дата обращения: 26.04.2019).

УДК 550.388.2

Д. И. Шилов

студент кафедры медицинской радиоэлектроники

Д. В. Благовец – доктор физико-математических наук, профессор – научный руководитель**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗА СОСТОЯНИЯ ИОНОСФЕРЫ**

Прогнозирование состояния магнитосферы Земли – это сложная комплексная задача, поскольку ионосфера представляет собой многокомпонентную динамическую систему, открытую для внешних воздействий.

В последние годы складывается довольно устойчивое мнение, что для прогнозирования состояния ионосферы необходимы иные подходы и более гибкие вычислительные алгоритмы, которые можно было бы адаптировать к нестационарным и нелинейным процессам. Из доступного в настоящее время инструментария одним из наиболее распространенных подходов является искусственная нейронная сеть (ИНС).

Принцип работы ИНС в точности повторяет алгоритм работы биологических нейронов. Каждый нейрон из сети умеет обрабатывать сигнал, а поскольку их миллиарды, то входящая информация на входе преобразуется в правильный сигнал на выходе. Помимо самих нейронов существуют еще и синапсы. Синапс – это место соединения выхода одного нейрона и входа другого, при этом сигнал при прохождении через синапс либо усиливается, либо ослабляется. Каждый синапс индивидуален, он либо усиливает, либо ослабляет сигнал нейрона, проходящий через него. В течение жизни синапсы меняются, а значит и изменяются проходящие через них сигналы. Именно совместная работа нейрона и синапса преобразуют входящие сигналы в верные решения на выходе [1].

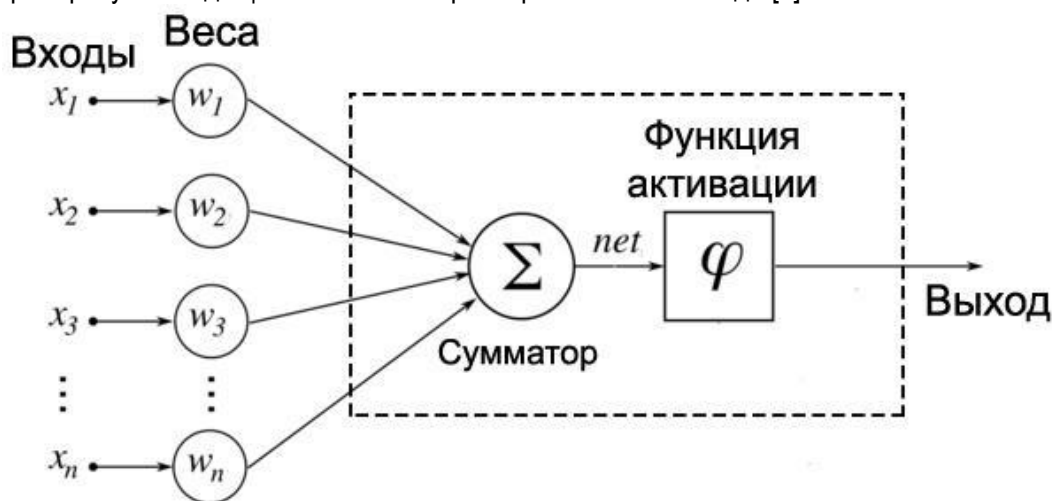


Рис. 1. Математический вид нейрона

С точки зрения кибернетики синапс – это связь между двумя нейронами. У синапсов есть 1 параметр – вес. Благодаря ему, входная информация изменяется, когда передается от одного нейрона к другому. Как выглядит математический вид нейрона показано на рис. 1.

Нейрон состоит из входов, на которые подаются числа, весов (те же синапсы) и сумматора. Поступающие на входы числа умножаются на соответствующие веса, после чего произведения суммируются. Сумма всех результатов не является окончательным решением и для выдачи готового результата используется функция активации. Функция активации вычисляет выходной сигнал сумматора в правильное решение.

Главное отличие и преимущество нейросетей перед классическими средствами прогнозирования и классификации заключается в их способности к обучению. На этапе обучения происходит вычисление синоптических коэффициентов в процессе решения нейронной сетью задач, в которых нужный

ответ определяется не по правилам, а с помощью примеров, сгруппированных в обучающие множества.

ИНС в задачах прогнозирования может выступать в качестве универсального аппроксиматора оператора эволюции фазовых траекторий исследуемой динамической системы. Благодаря способности к обобщению, нейронная сеть, обученная на примерах из прошлой истории процесса, генерирует возможный ответ на предъявленные новые данные [2].

Сейчас ИНС уже активно применяется при решении задачи навигации беспилотных летательных аппаратов (БЛА). Применение БЛА на высоких широтах имеет целый ряд технических сложностей, одной из которых является плохое навигационное обеспечение. Плохое навигационное обеспечение связано с низким показателем доступности радиовидимости навигационных космических аппаратов, влиянием высокоширотной ионосферы, а также с инструментальной погрешностью инерциальных систем. На рис. 2 приведена структура нейронной сети, которая используется для решения задачи посадки БЛА.

В каждый момент времени на приемники БЛА поступает излучение от сигнальных ориентиров. Данное излучение обладает заданными характеристиками, а именно длиной волны – λ , скважностью – T , частотой модуляции сигнала – ν и скважностью между пакетами импульсов – Q . С приемников информация через блок согласования поступает на НС, где происходит ее дальнейшая обработка.

НС в данном случае решает задачу распознавания и классификации. В ней происходит обработка каждого поступающего на нее входного вектора, представляющего собой совокупность параметров λ , T , ν , Q . По результатам обработки каждого входного вектора он причисляется либо к ложному сигналу, либо к сигналу от ориентира [3].

Далее, полезный сигнал относится к тому или иному классу, в зависимости от того, в какой части посадочной полосы находится ориентир, испускающий данный сигнал. После обработки всех поступивших в данный момент времени сигналов с приемников на выходе нейронная сеть выдает информацию обо всех распознанных сигнальных ориентирах и о том, в каком секторе они находятся.

В нашем случае НС имеет четыре нейрона на входе, представленных вектором $X(T, \lambda, Q, \nu)$, и четыре выходных нейрона по максимальному числу возможных классов, на которые могут быть разбиты входные сигналы от сигнальных ориентиров (рис. 2). Каждый нейрон имеет поляризацию, по которой поступает сигнал смещения, а также по четыре связи с весами, по которым поступают входные сигналы. Значения весов подбираются в процессе обучения сети, состоящем в приближении выходных сигналов к ожидаемым значениям для каждого выхода. Мерой близости считается значение целевой функции, также называемой стоимостной функцией.

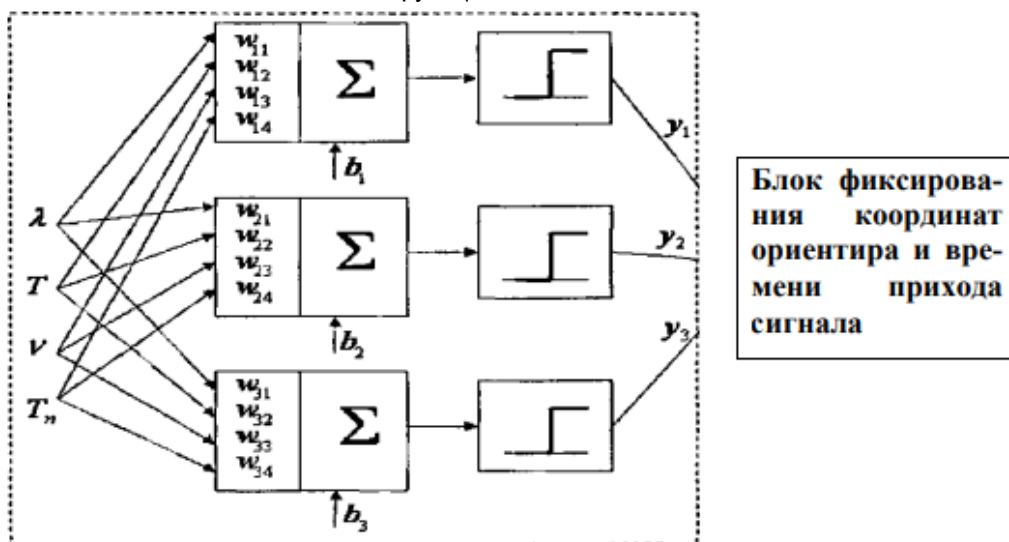


Рис. 2. Структура однослойной нейронной сети

Выходные сигналы нейрона являются функциями весов сети, значения которых уточняются в процессе обучения, по критерию минимизации целевой функции. Таким образом, после обучения каж-

дый выходной нейрон отвечает за определенный класс. При подаче очередного входного вектора, если данный сигнал относится к помехе, то на всех ее выходах появляются нули, в том случае, если данный сигнал относится к своему, то на выходе нейрона, отвечающего за конкретный класс, появляется единица. Полностью обученная сеть отвечает на вопрос, относится ли конкретный сигнал к помехе или к излучению ориентира, а также к какому именно ориентиру он относится [4].

Таким образом, внедряя ИНС мы можем предсказывать поведение и состояние ионосферы и наличие в ней ионосферных возмущений. Анализ и прогнозирование поведения ионосферы с помощью ИНС сможет давать более точные данные для определения режимов прохождения электромагнитных волн в широком диапазоне частот, которые влияют на функционирование различных радиотехнических устройств. ИНС способна существенно уменьшить погрешности в расчетах и сократить число ошибок.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-05-00343.

Библиографический список

1. Монаков А. А. Теоретические основы радионавигации: учеб. пособие. СПб.: ГУАП, 2002.
2. Хайкин С. Нейронные сети / Пер. с англ. 2-е изд., испр. М.: Вильямс, 2006.
3. Стадник А. В. Использование искусственных нейронных сетей и вейвлет-анализа для повышения эффективности в задачах распознавания и классификации: дисс. ... канд. физ.-мат. наук. Иваново, 2004.
4. Кореванов С. В., Казин В. В. Искусственные нейронные сети в задачах навигации беспилотных летательных аппаратов // Научный вестник МГТУ ГА. 2014.

УДК 76.13.15

А. А. Шишкина

студентка кафедры медицинской радиоэлектроники

О. В. Тихоненкова – кандидат технических наук, научный руководитель**С. А. Цурков** – кандидат технических наук

СИСТЕМА АНАЛИЗА АКТИВНОСТИ ГОЛОВНОГО МОЗГА НА БАЗЕ ТЭС-ТЕРАПИИ

Мозг – наш командный центр. Он отвечает за наше мышление, эмоции, поведение и работу всех органов и систем организма. Было установлено, что при стимуляции головного мозга можно получить высокоэффективное обезболивание, нормализацию вегетативной и гормональной регуляции, стимулировать иммунитет.

Существуют различные виды стимуляции, наиболее эффективна – транскраниальная электростимуляция (ТЭС). *Транскраниальная электростимуляция* – процедура, которая активизирует альфа-ритмы в мозге. Альфа – ритмы увеличивают количество гормона сератонина и эндорфина. Активация именно альфа-ритмов в мозге (в диапазоне 8–13 Гц) приводит к релаксации, снижается напряжение и стресс.

Принцип лечебного воздействия ТЭС-терапии основан на избирательной чрескожной электростимуляции эндорфинных механизмов мозга (антиноцицептивная система или защитные механизмы мозга) посредством электродов, размещенных на коже лба и сосцевидных отростков. Под действием импульсных биполярных токов частотой 77 Гц, длительностью импульсов 3–4 мс, силой тока до 300 мА происходит активация опиоидных структур головного мозга (промежуточный мозг), а именно на гипоталамо-гипофизарную систему и высвобождение бета-эндорфина. Через 10–15 минут после начала стимуляции происходит усиление выделения эндорфинов («гормонов удовольствия») и значительное повышение их концентрации в мозге, спинномозговой жидкости и крови. Обезболивание обусловлено активацией опиоидных механизмов.

Цветотерапия (фотостимуляция) – этот метод не предполагает подключение электродов или каких-либо аппаратов, поэтому в настоящее время вызывает все больший интерес среди врачей. Метод заключается в визуальной цветостимуляции с использованием специальных искусственных цветковых излучателей, воздействующих непосредственно через глаза. Энергетический пучок света воспринимается глазами и мгновенно передается в регуляторные центры мозга, гипофиз, эпифиз, ретикулярную формацию, стволовые структуры и кору головного мозга. Технология сводится к подаче вспышек света на глаза. Ритм световых сигналов, их частота и интенсивность подобраны специально так, чтобы оказывать положительный эффект на зрение, путем стимуляции как глаз (сетчатки, глазных мышц), так и мозга.

Основным показанием к применению цветотерапии является коррекция психосоматических состояний. Цветотерапия может применяться как самостоятельный способ лечения, так и в сочетании с транскраниальной электростимуляцией, поэтому было принято решение о разработке аппарата комбинированного воздействия. При технической реализации устройства комбинированного воздействия электро- и фотостимуляции на базе ТЭС-терапии были выявлены значения основных параметров, которым должен соответствовать разрабатываемый аппарат.

| | |
|---|----------------------|
| Виды стимуляции..... | ТЭС и фотостимуляция |
| Частота следования импульсов..... | менее 77 Гц |
| Напряжение питания..... | 9 В |
| Вид генерируемых импульсов..... | прямоугольные |
| Потребляемая мощность..... | 1 Вт |
| Количество подключаемых электродов..... | 3 |
| Максимальный выходной ток пациента..... | 110 мА |
| Возможность регулировки выходного тока пациента..... | Есть |
| Возможность регулировки интенсивности светового излучения..... | Есть |
| Используемые длины волн светового излучения..... | зеленый (528–523) |
| КПД..... | не менее 0,8 |
| Схема электрическая принципиальная разрабатываемого устройства приведена на рис. 1. | |

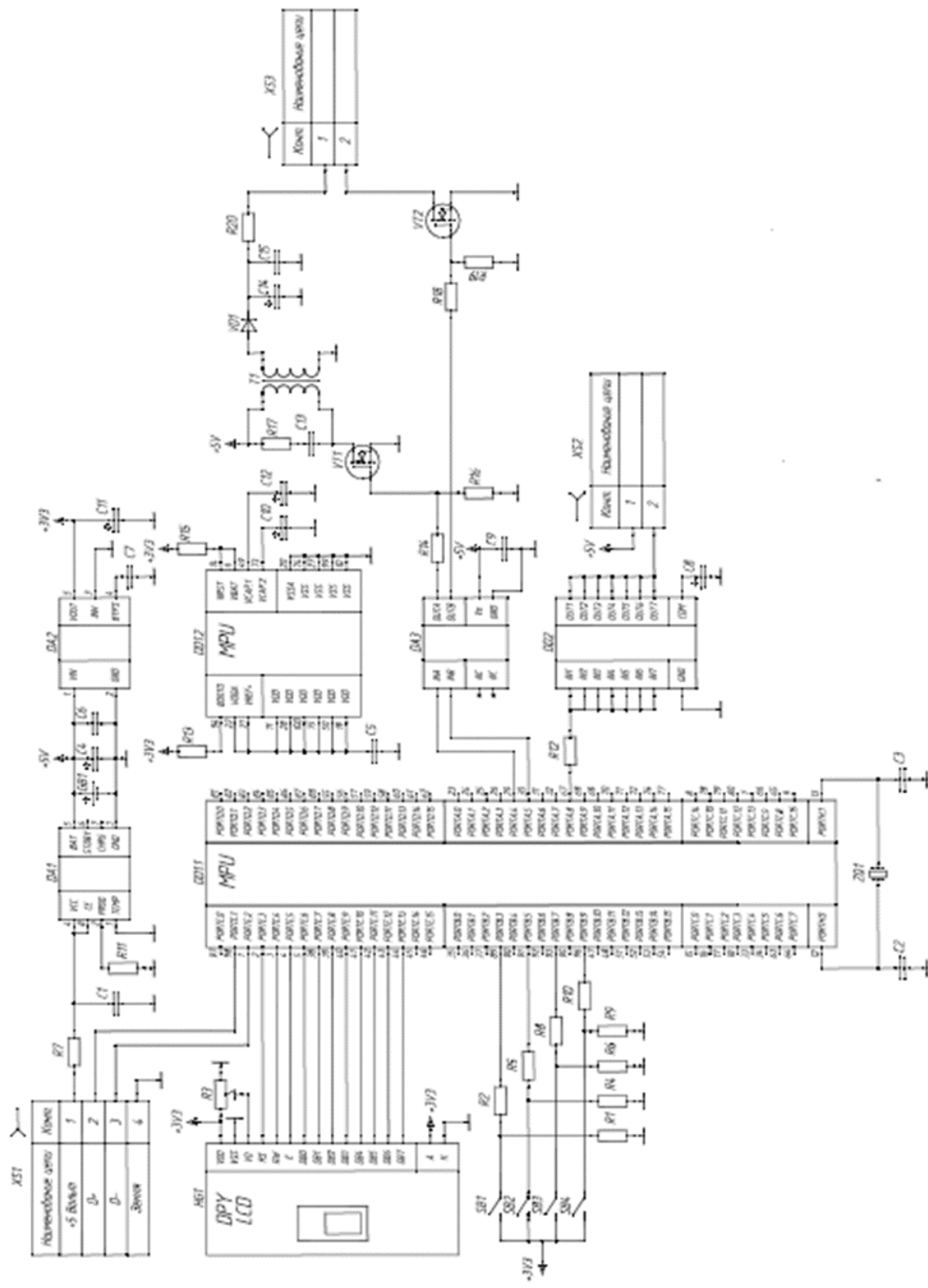


Рис. 1. Схема электрическая принципиальная

Главным элементом схемы является микросхема микроконтроллера (МК) DD1 STM32F407VG. Микросхема микроконтроллера STM32F407 имеет позиционное обозначение DD1 и разделена на два блока. Первый блок является исполнительным, в нем объединены выводы портов МК. Второй блок объединяет в себе выводы, относящиеся к питанию микросхемы. К выводам порта микроконтроллера подключен символьный ЖК индикатор HG1 для отображения информации о выбранном режиме работы и других настройках. Генерируемые МК электрические импульсы снимаются с вывода 30 порта А и поступают на схему предварительного усиления, построенную на операционном усилителе DA4. Затем сгенерированный усиленный сигнал поступает на более мощный каскад усиления для воздействия на человеческий мозг. При использовании методики фотостимуляции, очки подключаются к разъему XS2, на его выводы при помощи микросхемы усиления сигнала DD2 подается сигнал широтной импульсной модуляции с разным коэффициентом заполнения для возможности регулирования яркости излучения.

Схема питания для микросхем DD1, DD2 выполнена на основе микросхемы линейного стабилизатора положительного напряжения с фиксированным значением выходного напряжения. При подключении стимулятора мозга к последовательному интерфейсу USB персонального компьютера, происходит зарядка внутренней литий-ионной батареи GB1. Схема заряда батареи построена на микросхеме TP5056.

В заключение стоит отметить, что на основе существующих видов стимуляции был предложен аппарат комбинированного воздействия для увеличения воздействия стимуляции защитных механизмов мозга и сформулированы требования к техническому звену БТС.

Библиографический список

1. Малыгин А. В. Биотехническая система транскраниальной электростимуляции защитных механизмов мозга. СПб., 2005. 18 с.
2. Лебедев В. П. Материалы научного открытия № 237. Явление селективности транскраниального электроимпульсного воздействия на защитную систему мозга. Приоритет от 1996 г. М., 2003.
3. Готовский Ю. В., Косарева Л. Б., Перов Ю. Ф. Цветовая светотерапия. М.: ИМЕДИС, 2009. 464 с.
4. Ромащенко О. В. Виды светолечения в физиотерапии. URL: <http://vashaspina.ru/vidy-svetolecheniya-v-fizioterapii/#4> (дата обращения: 16.04.2019).

УДК 615.47

И. М. Шульженко

студент кафедры медицинской радиоэлектроники

В. А. Килимник – руководитель отдела НИОБП – научный руководитель**СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ДАВЛЕНИЯ ПОД ПОВЯЗКОЙ НА ТЕЛО ЧЕЛОВЕКА**

Ежегодно в России от тромбозмболии умирают тысячи человек в год. Основной профилактикой лечения является компрессионная терапия [1]. Приборы по измерению давления под повязкой и накопление знаний о распространение давления под бинтом позволят прийти к стандартизированным подходам компрессионной терапии.

Функциональным назначением системы является измерение давления давящей повязки на тело человека. Прибор позволит хирургу-флебологу узнать и определить оптимальное давление на конечность с помощью датчиков и сенсора с выводом данных. Это поможет избежать застоя крови в тканях, сдавливания подкожных вен и ампутаций конечностей при длительном ношении повязки.

Целью прибора является ведение мониторинга измерения давления в течение суток, запись и обработка данных с датчиков давления, сохранение информации на устройство внутренней памяти, вывод информации на устройство с помощью канала связи по bluetooth или подключения к компьютеру по USB кабелю. На структурной схеме показано взаимодействия частей изделия.

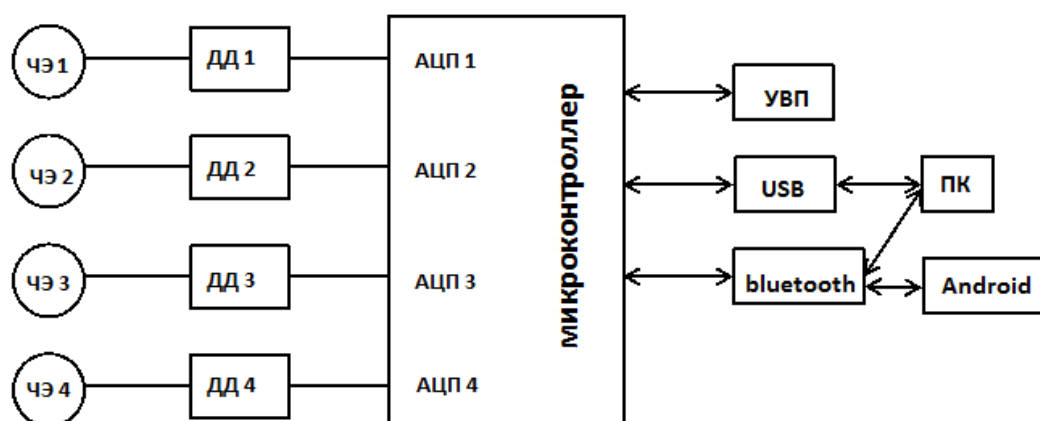


Рис. 1. Структурная схема

На рис. 1 приведена структурная схема прибора. ЧЭ – чувствительный элемент; ДД – датчик давления; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; УВП-устройство внутренней памяти; USB (Universal Serial Bus) универсальная последовательная шина; Bluetooth – беспроводной канал радиосвязи; ПК-персональный компьютер; Android – операционная система для смартфонов. Чувствительный элемент представляет из себя герметичную подушку с воздухом, сделанную из антистатического пакета на 3D-принтере. Чувствительный элемент ставится между слоями повязок. Сдавливание чувствительного элемента приводит в движение воздух по трубке в датчик давления, откуда поступает сигнал в АЦП. Информация о давлении записывается на энергонезависимую внутреннюю память.

Прибор должен быть выполнен в пластмассовом корпусе, с возможностью подключения к нему четырех датчиков измерения давления, а также разъема зарядного устройства и разъема канала USB 2.0. Должен быть применен аккумулятор с высокой емкостью, позволяющий оставаться в рабочем режиме и вести запись данных с датчиков в течение 24 часов.

Микроконтроллер на базе процессора А Tmega или STM (по результатам испытаний макетного образца прибора).

Длина соединений от места наложения чувствительных элементов датчиков до корпуса прибора должна составлять не менее 1 м. Точность измерения давления повязки на поверхность тела должна составлять +/- 3 мм рт. ст.

Данные с датчиков прибора желательно выводить на экран монитора персонального компьютера через канал Bluetooth или другим беспроводным каналом (по результатам испытаний макетного образца прибора). Внутренняя энергонезависимая память прибора должна обеспечить непрерывное время регистрации данных четырех датчиков давления в течение не менее 24 часов. Аналог.



Рис. 2. Итальянский прибор PicoPress

Итальянский прибор PicoPress для измерения давления повязки на тело человека компании MICROLAB ELETTRONIC-работает от аккумулятора в течение 5 часов и подзаряжается от компьютера, что не позволяет вести круглосуточный мониторинг давления под повязкой без подзарядки прибора. Показатель беспроводной работы PicoPress увеличивает занятость медицинского персонала и нарушает покой пациентов, находящихся в палатах во время реабилитационного периода. Прибор PicoPress производится в Италии и поставляется в Россию через поставщиков, что многократно увеличивает его стоимость. В случае технической неисправности или поломки прибора на его ремонт уйдет много времени. Также PicoPress имеет один датчик давления, что не позволяет делать полноценный мониторинг давления на конечностях тела человека. По рекомендациям сосудистых хирургов, для использования прибора в практических целях и эффективной работы, прибор должен иметь четыре датчика давления для точного мониторинга и сбора информации. В отличие от зарубежного аналога PicoPress по рекомендациям сосудистых хирургов прибор будет иметь четыре датчика давления вместо одного. Это позволяет сделать полноценный анализ давления на участки тела. Данные с датчиков можно будет просматривать на смартфоне по беспроводной сети Bluetooth для удобства просмотра врачам и пациентам с удобным интерфейсом и графиком. Этой возможностью не обладает зарубежный прибор.

Основные технические характеристики приборов

| | PicoPress | Разрабатываемый прибор |
|-----------------------------|------------------------|------------------------|
| Датчики давления | 1 шт. | 4 шт. |
| Время работы без подзарядки | 5 часов | 24 часа |
| Габариты прибора | 160 x 90 x 32 мм | 45 x 18 x 4 мм |
| Диапазон измерений | от 0 до 189 мм рт. ст. | От 0 до 150 мм рт. ст. |
| Вывод по каналу USB | да | да |
| Bluetooth | нет | да |

В России импортных приборов, измеряющих давление повязки на тело, очень мало, а интерес к прибору растет. Прибор для измерения давления под повязкой на тело человека позволит качественно наложить повязку, обеспечит выявление закономерностей распределения давления под повязкой.

Библиографический список

1. Коробков В. Н. Тромбоэмболия легочной артерий в хирургии: учеб. пособие. Казань: Медицинская литература. 2011. 64 с.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Проблемно-ориентированные вычислительные комплексы

УДК 004.357

С. М. Герасимов

студент кафедры проблемно-ориентированных вычислительных комплексов

Е. П. Виноградова – старший преподаватель – научный руководитель

АЛГОРИТМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ГОЛОСОВЫХ КОМАНД В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ ДОСТУПА

Раньше большинство механических и электрических устройств, которыми пользовался человек, требовали физических манипуляций для их управления. В одних устройствах использовали рычаги, в других – кнопки; в третьих – потенциометры. Технологии взаимодействия стремительно развивались, благодаря использованию датчиков появились более удобные виды человеко-машинного интерфейса (ЧМИ), например, сенсорные экраны, джойстики, тачпады, компьютерные мыши и трекболы.

Но что, если перейти от физического взаимодействия к иному виду? Развитие датчиков звука, движения, света и других открыло новые способы взаимодействия: жестовое, голосовое, звуковое, нейронное. Это позволило управлять техникой дистанционно [1].

Одним из актуальных на сегодняшний день направлений являются устройства с голосовым взаимодействием. Такие системы зародились в 70-х гг. XX в.

На сегодняшний день выделяют два основных подхода на которых базируются алгоритмы распознавания.

Более простым подходом распознавания речи является Dynamic Time Warping алгоритм (DTW).

Системы распознавания, ориентирующиеся на распознавание слов целиком, работают основываясь на сравнении входного слова с эталонами в словарях. Эта задача решается динамическим алгоритмом сравнения, который позволяет устанавливать соответствие временных масштабов между сравниваемыми словами.

Задача измерения расстояний временных рядов между словами необходима для того, чтобы устанавливать их подобие или проводить классификацию. Простейшей эффективной моделью является евклидова метрика (рис. 1), представляющая собой сумму квадратов расстояний той точки первой последовательности до соответствующей m -ой точки второй последовательности. Однако такой подход не учитывает особенности речи в реальном времени: одно и то же слово можно произнести по-разному, то есть его ряды будут смещены по временной шкале, что не позволит установить соответствие. Для того чтобы исправить этот недостаток был разработан DTW-алгоритм, который учитывает возможные сдвиги во временной шкале, характерные для реальной речи. Это предоставляет более точное измерение расстояния между рядами (рис. 2).



Рис. 1. Сопоставление временных рядов евклидовой метрикой

преобразование спектра, позволяющее получить мелкепстральные коэффициенты, представляющие собой независимые признаки фонем, которые используются при построении модели [3].

Помимо выделения признаков слова на основе скрытой марковской модели существует также распознавание с помощью нейросетей. Такие сети имеют множество скрытых слоев и обучаются без учителя последовательно, от одного слоя к другому.

Этапы выделения мел-кепстральных коэффициентов представлены на рис. 4–9:
1 этап получение временного представления произносимого слова (рис. 4).

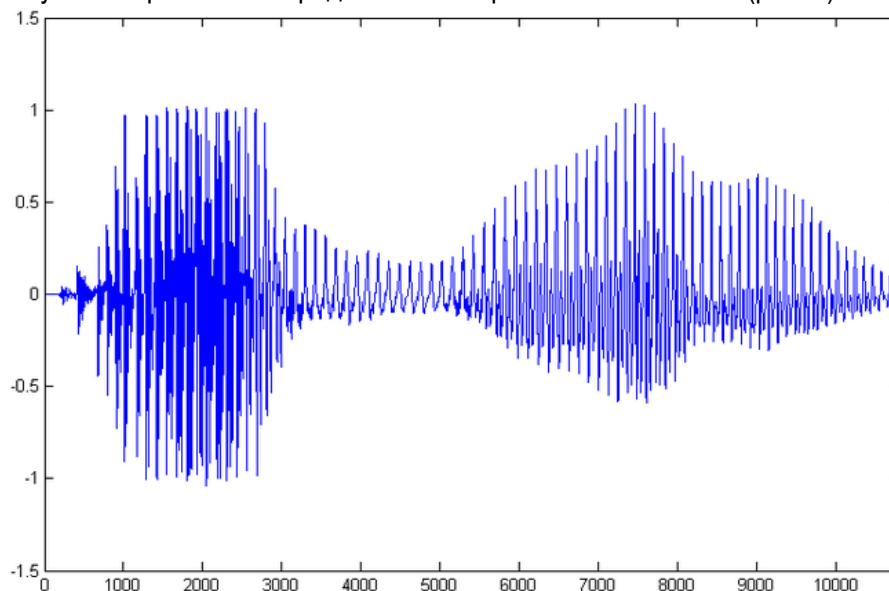


Рис. 4. Речевой сигнал во временном представлении

2 этап – получение спектра с помощью преобразования Фурье (рис. 5).

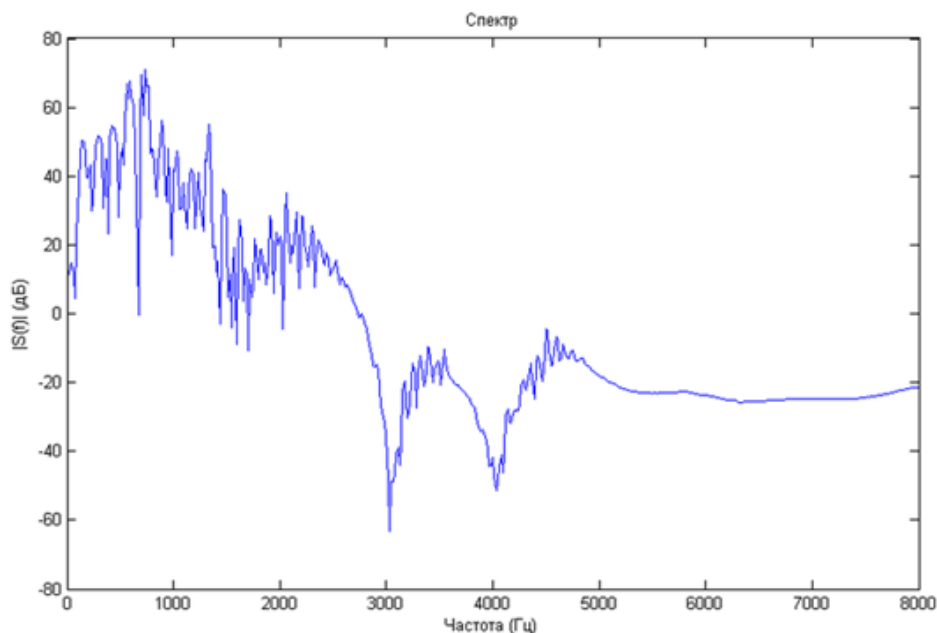


Рис. 5. Спектральное представление речевого сигнала

Полученный спектр необходимо расположить на мел-шкале. Мел – психофизическая единица высоты звука. Эта величина соотносится с частотой в логарифмическом масштабе. Соотношение величин представлено на рис. 6.

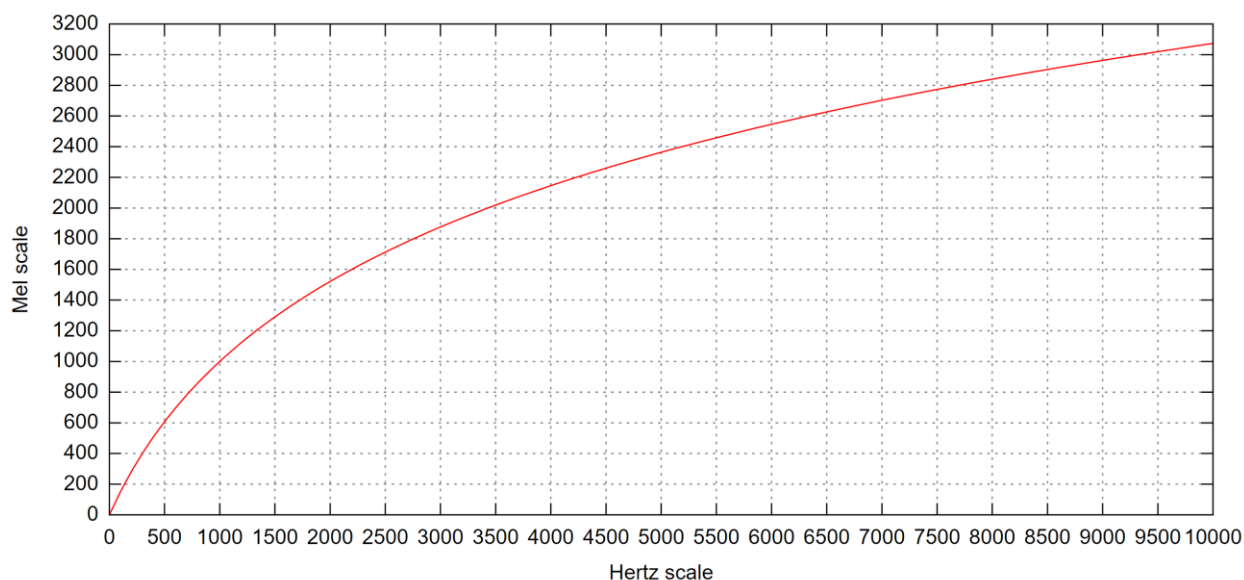


Рис. 6. График зависимости высоты звука в мелах от частоты колебаний (для чистого тона)

Преобразование значения частоты звука (Гц) в значение высоты (мел) представлено в формуле (1):

$$m = 1127,01048 \ln \left(1 + \frac{f}{700} \right) \quad (1)$$

Обратное преобразование представлено в формуле (2):

$$f = 700 \left(e^{\frac{m}{1127,01048}} - 1 \right) \quad (2)$$

3 этап – чтобы построить мел-школу используются окна, равномерно расположенные на мел-оси и перекрывающиеся друг друга. Получившаяся оконная функция представлена на рис. 7.

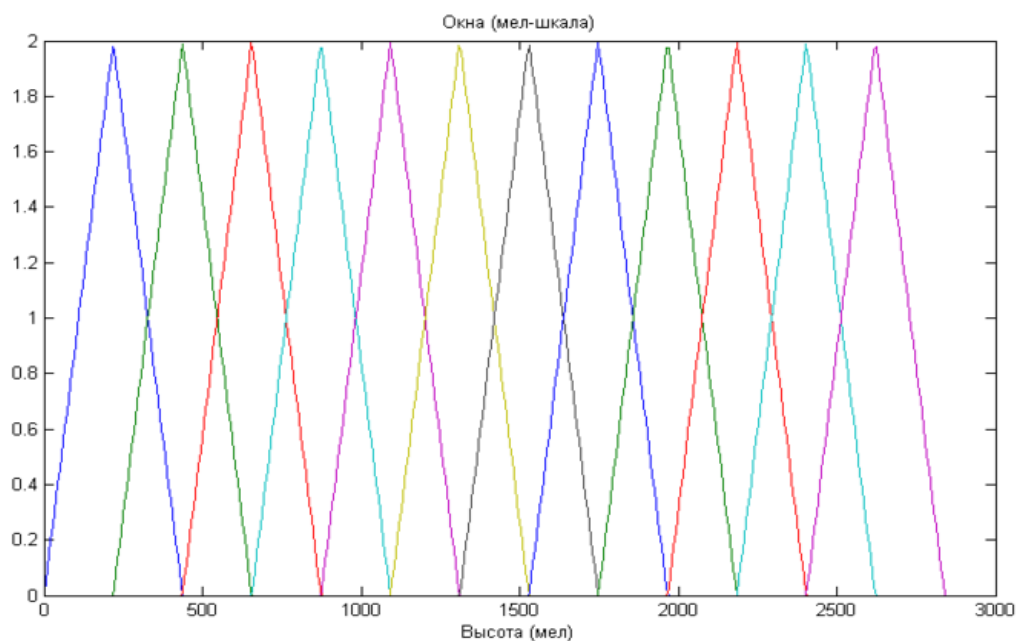


Рис. 7. Мел-шкала

В частотном представлении окна приобретают вид, изображенный на рис. 8.

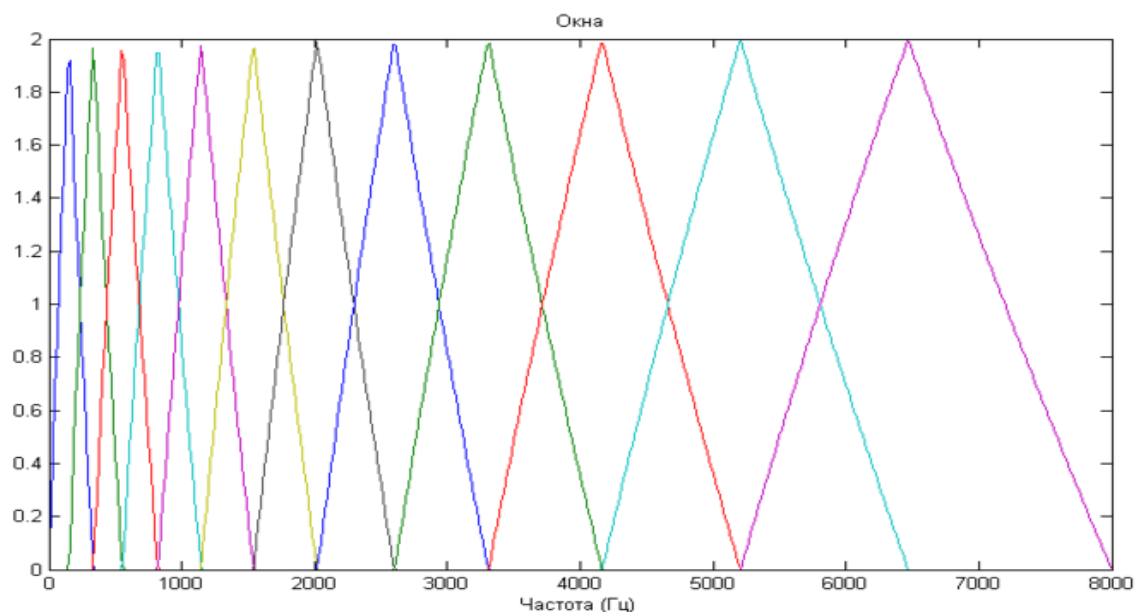


Рис. 8. Мел-шкала в частотном представлении

Окна располагаются плотнее в области низких частот, которые как раз характерны для человеческой речи. При этом спектр сигнала перемножается с оконной функцией.

В последнем этапе используется дискретное косинусное преобразование. В результате получают мел-кепстральные коэффициенты (MFCC), как показано на рис. 9.

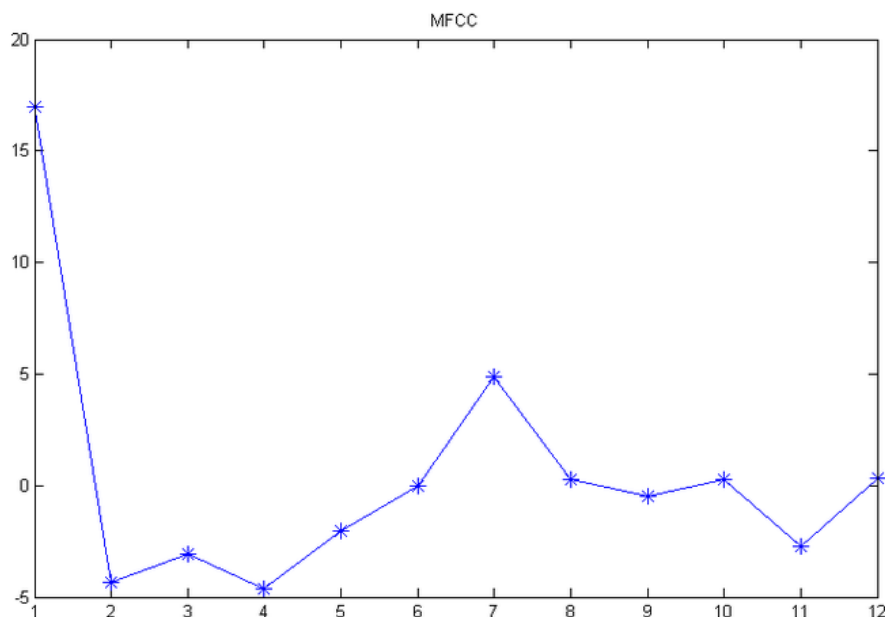


Рис. 9. Получение мел-кепстральных коэффициентов (MFCC)

В заключение нужно отметить, что каждый из рассмотренных методов имеет свои достоинства и недостатки. Выбор метода зависит от поставленной задачи. В условиях ограниченного словаря целесообразно использовать временные динамические алгоритмы. Для устройств или сервисов с постоянно пополняемым набором фраз лучше использовать рекуррентные нейросети либо скрытую марковскую модель. Если проект нужен для любительских целей либо в качестве прототипа устройства, в котором элемент распознавания не является ключевым, можно воспользоваться готовыми решениями [4].

Библиографический список

1. Датчики: Справочное пособие / В. М. Шарапов, Е. С.Полищук, Н. Д. Кошевой и др. М.: Техносфера, 2012. 618 с.
2. Lawrence R. Rabiner. A Tutorial on Hidden Markov Models and Selected Applications in Speech Recognition // Proceedings of the IEEE. Feb. 1989. Vol. 77 N. 2.
3. Трахтман А. М., Трахтман В. А. Основы теории дискретных сигналов на конечных интервалах. М.: Советское радио, 1975. 208 с.
4. Герасимов С. М. Методы реализации голосового управления Arduino // 71-я междунар. студ. науч. конф. ГУАП: сб. докл. В 2 ч. Ч. I. Технические науки. СПб.: ГУАП., 2018.

УДК 004.622

Е. В. Демченко

студентка кафедры проблемно-ориентированных вычислительных комплексов

Е. А. Бакин – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ПРЕДОБРАБОТКИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ

НИИ детской онкологии, гематологии и трансплантологии им. Р. М. Горбачевой (НИИ ДОГиТ) специализируется на проведении операций по трансплантации костного мозга (далее ТКМ). В ходе этой операции у пациента удаляется собственный костный мозг (т. н. кондиционирование), после чего вводится костный мозг донора. В норме приживление трансплантата происходит на 30-й день. При этом происходит количественное восстановление трех основных типов клеток крови – лейкоцитов, эритроцитов и тромбоцитов. В ряде случаев операция заканчивается неудачно – происходит неприживление трансплантата (клетки крови восстанавливаются медленно или не восстанавливаются вообще). В этой ситуации приходится осуществлять экстренный поиск донора для повторной трансплантации. От времени, затраченного на данный поиск, напрямую зависит жизнь пациента, что обуславливает необходимость создания методов упреждающего предсказания исхода операции (до 30-го дня). Исходными данными для подобных методов должны служить отфильтрованные и сгруппированные сведения о ранее проведенных операциях с разметкой приживление/неприживление. Таким образом, целью данной работы является создание программного средства для предобработки данных медицинского учреждения.

Для достижения поставленной цели, необходимо решение следующих задач:

- анализ данных столбцов и строк в стандартных выгрузках медицинской информационной системы;
- удаление незначимых данных таблиц, приведение их к стандартному виду;
- группировка анализов пациентов, взятых в различных лабораториях, по типу;
- предварительная оценка связи исследуемых данных с фактором приживления.

Для анализа показателей, нужно привести статистические данные к стандартизированному виду. Исходные данные были предоставлены в файле Excel и содержали 56415 строк и 132 столбца (см. рис. 1). Столбцы в таблице соответствовали результатам анализов, строки – коду пациента и дате анализа. Данные собираются из различных лабораторий, анализы берутся с разной периодичностью. Соответственно, зачастую многие показания имеют дублирующиеся столбцы, некоторые снимаются несколько раз в день, соответственно имеют дублирующиеся строки. Также в таблице присутствует много пустых значений.

| № | Рег. номер | Пол | Возр | Дата/время заб | ОБ | АЛТ | АЛТ-2 | АЛТ-2 | АСТ | АСТ-2 | | | | | |
|-----|------------|-----|------|----------------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| № | Рег. номер | Пол | Возр | Дата/время | Рез-т | Ед.изм | Рез-т | Ед.изм | Рез-т | Ед.изм | Рез-т | Ед.изм | Рез-т | Ед.изм | Рез-т |
| 119 | 50426/A18 | М | 14 | 30.07.2018 | | | 21,1 | Е/л | | | | | 21 | Е/л | |
| 120 | 50426/A18 | М | 14 | 30.07.2018 | | | | | | | | | | | |
| 143 | 11103/A16 | Ж | 33 | 03.07.2018 | | | 6 | Е/л | | | | | 25 | Е/л | |
| 144 | 11103/A16 | Ж | 33 | 03.07.2018 | | | | | | | | | | | |
| 180 | 48324/A16 | М | 35 | 22.08.2018 | | | | | 11,7 | Е/л | | | | | 21,5 |
| 181 | 61689/A18 | М | 45 | 02.10.2018 | | | 19,8 | Е/л | | | | | 12 | Е/л | |
| 182 | 61689/A18 | М | 45 | 02.10.2018 | | | | | | | | | | | |
| 183 | 61689/A18 | М | 45 | 02.10.2018 | | | | | | | | | | | |
| 184 | 61689/A18 | М | 45 | 22.02.2019 | | | | | | | | | | | |
| 199 | 17983/A18 | Ж | 29 | 13.03.2018 | | | | | | | | | | | |
| 200 | 17983/A18 | Ж | 29 | 13.03.2018 | | | | | | | | | | | |
| 201 | 17983/A18 | Ж | 29 | 13.03.2018 | | | 15 | Е/л | | | | | 23 | Е/л | |
| 202 | 17983/A18 | Ж | 29 | 27.03.2018 | | | | | | | | | | | |
| 203 | 17983/A18 | Ж | 29 | 10.04.2018 | | | | | | | | | | | |
| 214 | 44253/A18 | Ж | 50 | 30.07.2018 | | | | | 13,3 | Е/л | | | | | 13,1 |
| 215 | 44253/A18 | Ж | 50 | 20.08.2018 | | | | | 19,2 | Е/л | | | | | 24,1 |
| 216 | 44253/A18 | Ж | 50 | 10.09.2018 | | | | | 21,9 | Е/л | | | | | 26,7 |
| 217 | 44253/A18 | Ж | 50 | 12.11.2018 | | | | | | | | | | | |
| 218 | 44253/A18 | Ж | 50 | 22.10.2018 | | | | | | | | | | | |
| 219 | 44253/A18 | Ж | 50 | 01.10.2018 | | | 39,5 | Е/л | | | | | 37,8 | Е/л | |
| 220 | 44253/A18 | Ж | 50 | 22.10.2018 | | | 62,3 | Е/л | | | | | 57,3 | Е/л | |

Рис. 1. Исходные данные

Для подготовки данных для анализа, был создан скрипт на языке *R*, который автоматически удалил:

- столбцы с единицами измерений;
- столбцы с %;
- полностью пустые столбцы;
- столбцы с дублирующимися названиями были объединены по среднему арифметическому;
- строки с одинаковыми датами для каждого пациента были объединены по среднему арифметическому.

Были получены 10657 строк и 22 столбца. Для анализа не важна дата пересадки, а важно количество дней, прошедших после трансплантации, поэтому были изменены даты сбора анализов на дни относительно ТКМ.

Для демонстрации работы с таблицей, были построены несколько графиков и проведена аналогия между пациентами, у которых трансплантация прошла успешно и у кого нет. Лейкоциты отображают работоспособность костного мозга. На рис. 2–3 представлены графики зависимости уровня лейкоцитов, от количества дней относительно трансплантации, для двух типов пациентов. Точкой на оси абсцисс отмечен день 0 – день трансплантации.

Из рис. 2 видно, что для пациентов, у которых костный мозг прижился, уровень лейкоцитов начинает расти примерно с 11-го дня.

Из рис. 3 видно, что для пациентов, у которых костный мозг не прижился, уровень лейкоцитов полностью падает до нуля к 11 дню и продолжает колебаться относительно 0.

Из приведенных графиков можно заметить общую тенденцию поведения у этих групп пациентов.

Проанализировав графики, было предложено предсказывать факт приживления костного мозга. Для этого была использована линейная регрессия, показывающая скорость роста уровня лейкоцитов. На рис. 4 представлен уровень лейкоцитов одного пациента, с линейной регрессией по его показаниям. Проанализировав график, можно сделать вывод о том, что регрессия имеет положительную тенденцию роста, положительный коэффициент угла наклона.

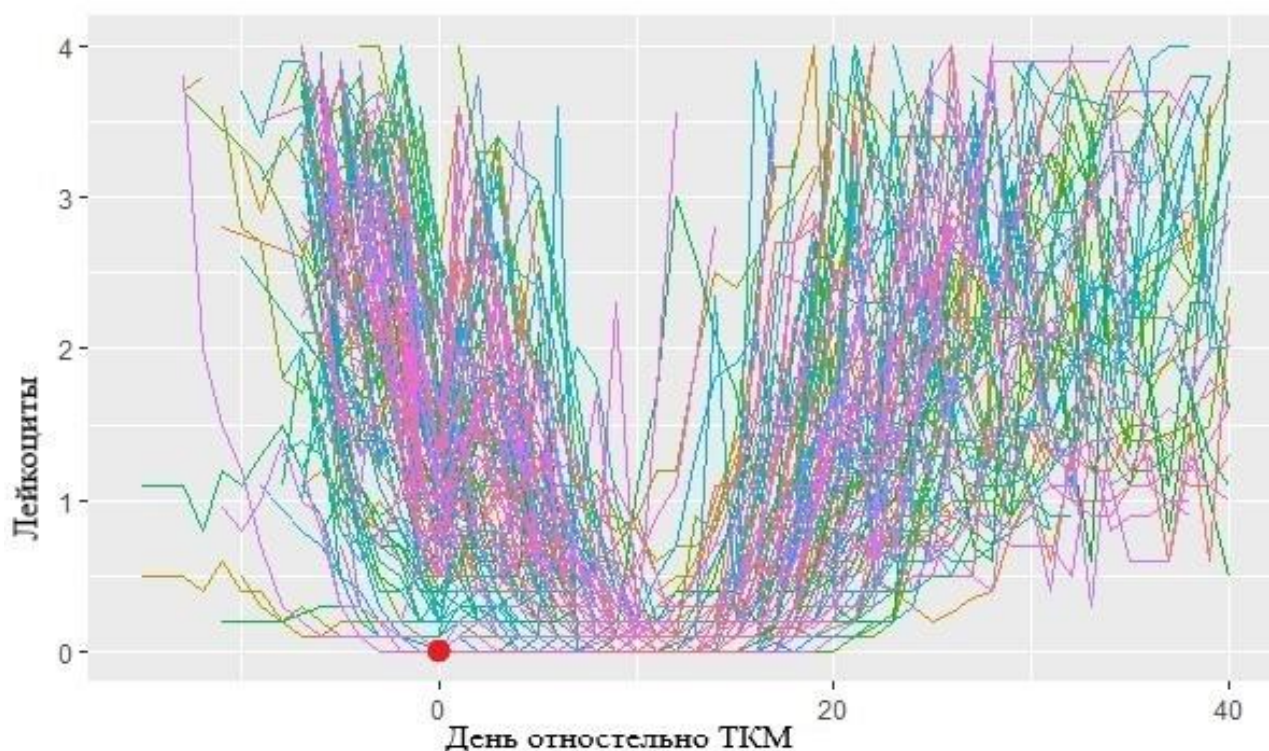


Рис. 2. График уровня лейкоцитов для 220 пациентов с приживлением

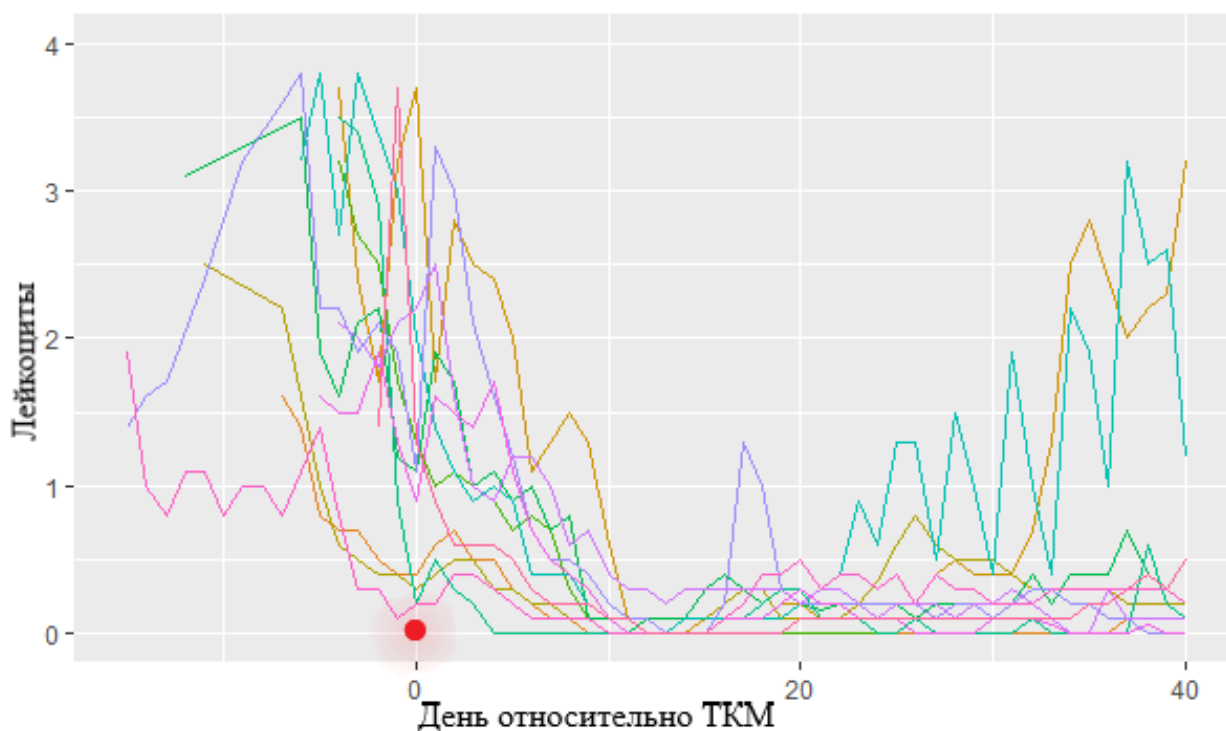


Рис. 3. График уровня лейкоцитов для 17 пациентов с неприживлением

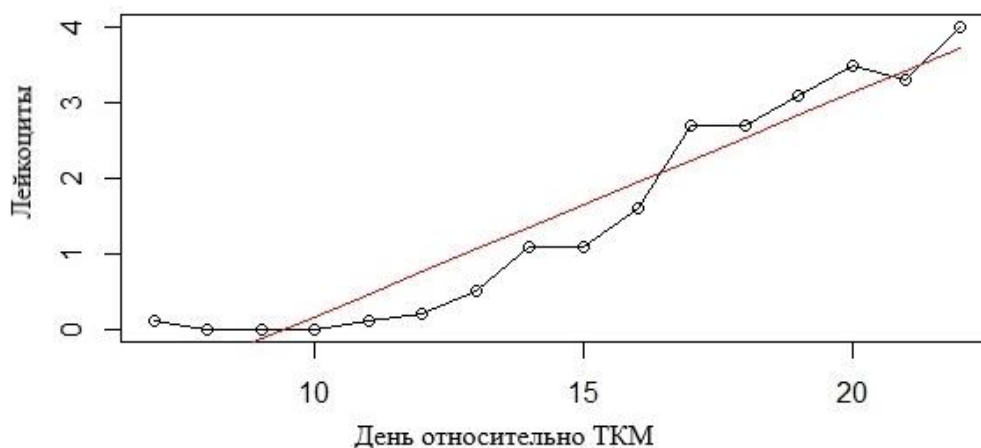


Рис. 4. График метода линейной регрессии для пациента с успешным приживлением

Чтобы увидеть общую закономерность, этот метод был применен для всех пациентов. На рис. № 5 представлена зависимость угла наклона и свободного члена. Кругом и треугольником отмечены факторы неприживления и приживления соответственно.

Проанализировав график, можно утверждать, что даже с таким разрывом в выборках, пациенты с неприживлением находятся вместе около нуля. Из этого можно сделать вывод, что эти два параметра можно использовать для предсказания, и действительно можно анализировать и определять приживление или не приживление.

В результате проделанной работы, были сделаны следующие выводы:

- исходные данные нуждаются в автоматической предобработке;
- анализ данных относительно фактора приживления возможен с 11-го дня относительно ТКМ;
- для более точного прогноза нужно привлечь данные по другим клеткам (тромбоцитам и эритроцитам).

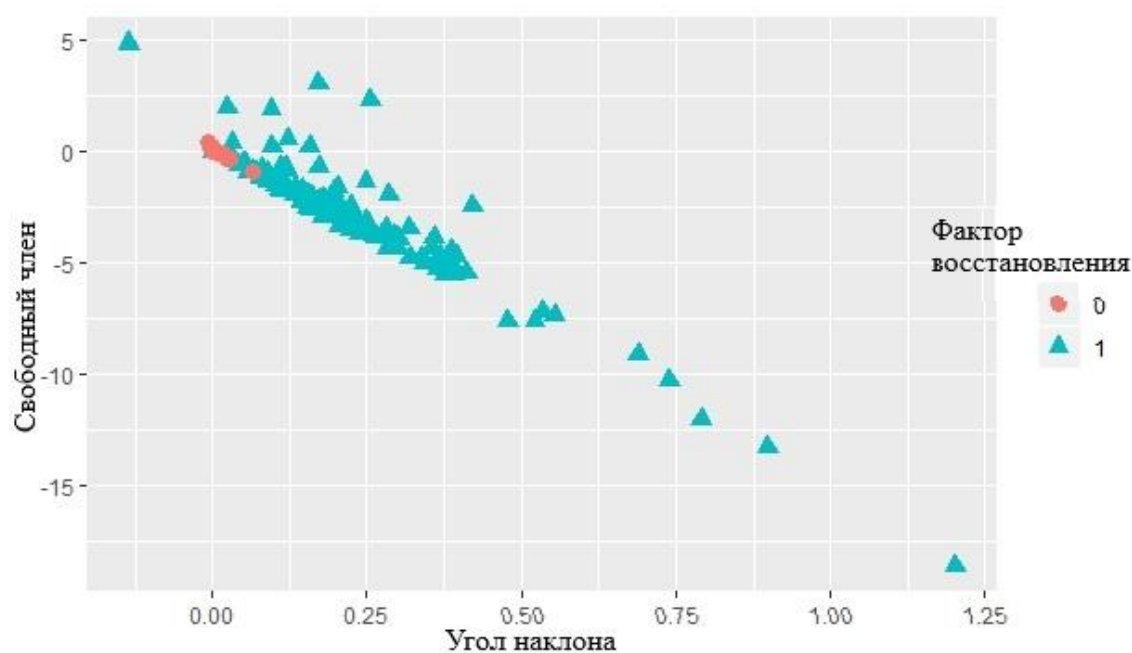


Рис. 5. График параметров линейной регрессии

В дальнейшем представляет интерес расширение данных показаниями других клеток крови, а также использование алгоритмов для обучения распознавания и предсказания неприживления костного мозга.

Библиографический список

1. Дроздова М. В. Заболевания крови // Звезда. 2009. 408 с.
2. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для вузов. М.: Высшая школа, 1999. 479 с.
3. Мастицкий С. Э., Шитиков В. К. Статистический анализ и визуализация данных с помощью R. URL: <http://r-analytics.blogspot.com> (дата обращения: 16.04.2019).

УДК 519.852.33:004.94

Е. А. Клычкова

студентка кафедры проблемно-ориентированных вычислительных комплексов

Н. Н. Григорьева – старший преподаватель – научный руководитель

АНАЛИЗ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ

Транспортная задача – одна из базовых математических моделей логистических задач. Существуют программные средства, позволяющие автоматизировать процесс решения транспортной задачи (ТЗ) в классической постановке. Но на практике встречается множество разновидностей ТЗ, в частности – задача, в которой есть возможность выбора перевозчика или вид транспорта. При разработке программного средства для данного вида ТЗ – многокомпонентной транспортной задачи – необходимо рассмотреть возможные методы ее решения [1].

Задача перемещения грузов с помощью транспортных средств между отдельными звеньями общей логистической цепи может оптимизироваться с учетом различных критериев, в нашей работе мы рассмотрим два основных показателя:

- минимизация затрат на транспортировку груза;
- обеспечение требуемого качества транспортного сервиса.

Рассматривается ситуация, когда процесс доставки груза может быть осуществлен h видами транспорта, каждый из которых обеспечивает перевозку части необходимого груза. Вид многокомпонентной модели ТЗ представлен в табл. 1.

В модели вводятся следующие ограничения:

- ограничение по мощности каждого поставщика A_i равной объему груза a_i :
$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^h X_{ijk} = a_i ;$$

- ограничение по мощности каждого потребителя B_j равной объему груза b_j :
$$\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^h X_{ijk} = b_j ;$$
 с

правильным балансом:

- ТЗ с правильным балансом
$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j ;$$

Помимо ограничений, свойственных классической ТЗ, добавляются ограничения по мощности транспортных средств:

- ограничение по мощности каждого из видов транспорта (поставщик не может ограничиться только одним видом транспорта) P_k :
$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ijk} > P_k ;$$

- ограничение по суммарной мощности всех транспортов:
$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ijk} \leq \sum_{k=1}^h P_k .$$

Конечная общая целевая функция является суммой всех частных целевых функций по каждому из видов транспорта. Частные целевые функции для k -го транспорта: $Z_k(X_k) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ijk} X_{ijk} \rightarrow \min ;$

общая целевая функция:
$$Z(X) = \sum_{k=1}^h Z_k(X_k) \rightarrow \min .$$

Таблица 1

Модель многокомпонентной транспортной задачи

| Пункты от- правления и объемы груза | Пункты назначения и их спроса | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------|------------------|-----|------------------|---------------------------------|------------------|-----|------------------|---------------------------------|------------------|------------------|-----|------------------|
| | В ₁ : b ₁ | | | | В ₂ : b ₂ | | | | В _n : b _n | | | | |
| | Виды транспортных средств | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | ... | h | 1 | 2 | ... | h | ... | 1 | 2 | ... | h |
| A ₁ : a ₁ | C ₁₁₁ | C ₁₁₂ | ... | C _{11h} | C ₁₂₁ | C ₁₂₂ | ... | C _{12h} | ... | C _{1n1} | C _{1n2} | ... | C _{1nh} |
| | X ₁₁₁ | X ₁₁₂ | ... | X _{11h} | X ₁₂₁ | X ₁₂₂ | ... | X _{12h} | ... | X _{1n1} | X _{1n2} | ... | X _{1nh} |
| A ₁ : a ₂ | C ₂₁₁ | C ₂₁₂ | ... | C _{21h} | C ₂₂₁ | C ₂₂₂ | ... | C _{22h} | ... | C _{2n1} | C _{2n2} | ... | C _{2nh} |
| | X ₂₁₁ | X ₂₁₂ | ... | X _{21h} | X ₂₂₁ | X ₂₂₂ | ... | X _{22h} | ... | X _{2n1} | X _{2n2} | ... | X _{2nh} |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| A _m : a _m | C _{m11} | C _{m12} | ... | C _{m1h} | C _{m21} | C _{m22} | ... | C _{m2h} | ... | C _{mn1} | C _{mn2} | ... | C _{mnh} |
| | X _{m11} | X _{m12} | ... | X _{m1h} | X _{m21} | X _{m22} | ... | X _{m2h} | ... | X _{mn1} | X _{mn2} | ... | X _{mnh} |

Здесь: C – стоимость перевозки груза; X – объем перевозимого груза.

Качество транспортного сервиса можно рассмотреть как интегральную характеристику, которую формируют значимые для потребителя услуг факторы. В нашей модели рассмотрены такие факторы как время доставки груза (T), частота отправок груза (W), надежность соблюдения графика доставки груза (N), способность перевозить разные грузы (P), способность доставить груз в произвольную точку территории (Q).

Каждый из показателей качества пользователь может оценить по пятибалльной шкале, причем единице соответствует наихудший показатель, а пятерке – наилучший. Зная данные оценки, можно получить суммарную интегральную величину показателя качества: $\sum ПК = T + W + N + P + Q$.

В табл. 2 приведен пример многокомпонентной транспортной задачи, на котором будут рассматриваться способы решения данного вида задач. Здесь мощность автомобильного транспорта равна P₁ = 300, его суммарный показатель качества ΣПК=20; для водного вида транспорта P₂ = 800 и суммарный показатель качества ΣПК=12.

Таблица 2

Пример транспортной задачи

| | В ₁ | | В ₂ | | В ₃ | | В ₄ | | |
|----------------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|-----|
| | авто | вода | авто | вода | авто | вода | авто | вода | |
| A ₁ | 1 | 3 | 3 | 1 | 6 | 5 | 8 | 3 | 200 |
| A ₂ | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 6 | 1 | 350 |
| A ₃ | 3 | 1 | 2 | 4 | 7 | 7 | 8 | 4 | 350 |
| | 195 | | 305 | | 195 | | 205 | | 900 |

Один из способов решения многокомпонентной транспортной задачи – решение с помощью средств MS Excel (используется целочисленный симплекс-метод). Недостаток данного способа очевиден – невозможно учесть группу показателей качества перевозок. На рис. 1 представлен результат решения многокомпонентной транспортной задачи.

| | B1 | | B2 | | B3 | | B4 | | |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| | авто | вода | авто | вода | авто | вода | авто | вода | |
| A1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 6 | 5 | 8 | 3 | 200 |
| A2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 6 | 1 | 350 |
| A3 | 3 | 1 | 2 | 4 | 7 | 7 | 8 | 4 | 350 |
| | 195 | | 305 | | 195 | | 205 | | |
| Дано: | | | | | | | | | |
| Мощность авто | | | | | | | | | 300 |
| Мощность водного | | | | | | | | | 800 |
| Ограничения по транспорту | | | | | | | | | |
| Авто | | | | | | | | | 300 |
| Водный | | | | | | | | | 600 |
| A1 200 | | | | | | | | | |
| A2 350 | | | | | | | | | |
| A3 350 | | | | | | | | | |
| B1 195 | | | | | | | | | |
| B2 305 | | | | | | | | | |
| B3 195 | | | | | | | | | |
| B4 205 | | | | | | | | | |
| Целевая функция | | | | | | | | | |
| 1545 | | | | | | | | | |
| A1 200 | | | | | | | | | |
| A2 350 | | | | | | | | | |
| A3 350 | | | | | | | | | |
| B1 195 | | | | | | | | | |
| B2 305 | | | | | | | | | |
| B3 195 | | | | | | | | | |
| B4 205 | | | | | | | | | |

Рис. 1. Решение многокомпонентной транспортной задачи средствами MS Excel

Следующий способ решения многокомпонентной транспортной задачи был представлен С. В. Ивановым и С. В. Никитиным в журнале «Технико-технологические проблемы сервиса» [2].

При использовании данного способа в первую очередь полностью загружается транспорт, который имеет наибольший суммарный показатель качества, его мощность примерно равномерно распределяется между ячейками транспортной таблицы данного вида транспорта. Затем строится план перевозок для второго по качеству перевозчика (с учетом того, что часть груза была перевезена первым транспортом) и т. д. В табл. 3 представлено решение примера из таблицы 2 данным способом.

Таблица 3

Решение многокомпонентной транспортной задачи методом [2]

| | B1 | | B2 | | B3 | | B4 | | |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| | авто | вода | авто | вода | авто | вода | авто | вода | |
| A1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 6 | 5 | 8 | 3 | 200 |
| | 75 | | | 125 | | | | | |
| A2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 6 | 1 | 350 |
| | | 120 | 75 | 40 | 75 | | 75 | 5 | |
| A3 | 3 | 1 | 2 | 4 | 7 | 7 | 8 | 4 | 350 |
| | | | | 105 | | 120 | | 125 | |
| | 195 | | 305 | | 195 | | 205 | | 900 |

При решении данным методом общая целевая функция получается $Z(X) = 2835$

Как видно, решение в этом случае во многом зависит от первоначального волюнтаристского распределения перевозок для первого вида транспорта, при этом слабо учитывается стоимостный аспект. Данный метод плохо автоматизируется, у него нет однозначного алгоритма.

Для разработки нашего программного средства был предложен алгоритм решения многокомпонентной транспортной задачи, одновременно учитывающий не только интегральный показатель качества, но и стоимость перевозок.

Введем новую оценку клеток транспортной таблицы, позволяющую учесть одновременно как стоимость перевозки, так и показатель качества перевозчика.

Для удобства дальнейших расчетов нормируем значения показателей качества:

$$\sum' PK = \frac{\sum PK}{\sum PK_{\max}} \cdot C_{\max}$$

Теперь можно рассчитать новую оценку перевозки по формуле:

$$C'_{ijk} = \sqrt{C_{ijk}^2 + (\sum' PK_{\max} - \sum' PK)^2}$$

где C_{ijk} – значение стоимости из стоимостной матрицы; $\sum' PK_{\max}$ – нормированное максимальное значение суммарного показателя качества, $\sum' PK$ – нормированное значение суммарного показателя качества для конкретного вида транспорта.

В табл. 4 показана пересчитанная стоимостная матрица для примера, показанного в табл. 2.

Таблица 4

Модифицированная матрица оценок

| | B ₁ | | B ₂ | | B ₃ | | B ₄ | | |
|----------------|----------------|-------|----------------|-------|----------------|-------|----------------|-------|-----|
| | авто | вода | авто | вода | авто | вода | авто | вода | |
| A ₁ | 1,887 | 5,128 | 3,4 | 4,279 | 6,209 | 6,5 | 8,158 | 5,128 | 200 |
| A ₂ | 2,561 | 4,279 | 1,887 | 4,616 | 3,4 | 5,128 | 6,209 | 4,279 | 350 |
| A ₃ | 3,4 | 4,279 | 2,561 | 5,771 | 7,18 | 8,14 | 8,158 | 5,771 | 350 |
| | 195 | | 305 | | 195 | | 205 | | 900 |

Далее по модифицированной матрице оценок, которая представлена в табл. 4, с использованием стандартных методов (в данном случае – методом минимальной стоимости) производится поиск решения. Полученный план перевозок переносится в исходную стоимостную матрицу (табл. 2), рассчитываются частные и общая целевые функции. Решение ТЗ, полученное описанным методом, представлено в табл. 5.

Таблица 5

Решение алгоритмом модификации стоимостной матрицы

| | B ₁ | | B ₂ | | B ₃ | | B ₄ | | |
|----------------|----------------|------|----------------|----------|----------------|----------|----------------|----------|-----|
| | авто | вода | авто | вода | авто | вода | авто | вода | |
| A ₁ | 1 195 | 3 | 3 | 1 5 | 6 | 5 | 8 | 3 | 200 |
| A ₂ | 2 | 1 | 1 105 | 2 40 | 3 | 3 | 6 | 1 205 | 350 |
| A ₃ | 3 | 1 | 2 | 4 155 | 7 | 7 195 | 8 | 4 | 350 |
| | 195 | | 305 | | 195 | | 205 | | 900 |

При решении данным способом общая целевая функция $Z(X) = 2595$.

Достоинством алгоритма с модификацией стоимостной матрицы является то, что он имеет однозначные критерии поиска решения, учитывает как стоимостные, так и качественные критерии, позволяет использовать стандартные алгоритмы. Далее приведенный алгоритм будет использован при разработке программного средства для решения многокомпонентной транспортной задачи.

Библиографический список

1. Таха Х. А. Введение в исследование операций. М.: Вильямс, 2005. 912 с.
2. Иванов С. В., Никитин С. В. Двухкомпонентная логистическая модель интегральной транспортной задачи // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2010. № 2 (12). С. 66–76.

УДК 519.682.6

И. Р. Кондратьев, Д. А. Груздев

студенты кафедры проблемно-ориентированных вычислительных комплексов

Е. П. Виноградова – старший преподаватель – научный руководитель

ЦИФРОВАЯ ИМИТАЦИЯ ЛАМПОВОГО ЗВУКА

В середине XX в. появились транзисторы, которые благодаря своим характеристикам должны были оставить радиолампы в прошлом. Аппаратура тех лет на транзисторах, являлась причиной того, что некоторые любители музыки все равно предпочитали ламповые усилители, несмотря на габариты ламповой техники. В прошлом проигрыватели с цифровых носителей информации (например, компакт диски) подключали к усилителям на транзисторах и микросхемах, и некоторые пользователи замечали, что звук был хоть и «чище», но ему не хватало теплоты и мягкости или объемности [1].

Около 50 лет назад транзисторы имели большой коэффициент искажений, малый частотный диапазон на котором они могли работать, поэтому сигнал, усиленный в транзисторном усилителе, получался искаженным, также транзисторы обладают крутой вольтамперной характеристикой (ВАХ), что способствовало резкому звуку, при воспроизведении пика в композиции, когда транзистор выходил в режим насыщения. У ламповых усилителей тех лет были нелинейные искажения чуть более 0,5 %, менее крутая ВАХ, и запас по мощности был выше. Но прогресс не стоит на месте и на сегодняшний день, коэффициент нелинейных искажений у современных моделей высококачественных транзисторных усилителей составляет 0,01–0,001 %, и характеристики стали гораздо лучше (табл. 1), чем у радиоламп.

Таблица 1

Характеристики усилителей бытовой радиотехники

| Параметры | 1930–1940 гг. | 1950–1960 гг. | 1990–2019 гг. |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Коэффициент искажений, % | 7–10 | 2–3 | 0,01–0,001 |
| Диапазон частот, Гц | 100–5000 | 60–12 000 | 0,3–1–000 000 |
| Выходная мощность, Вт | 1–2 | 4–6 | 10–1–000 |

И несмотря на это, все равно находятся люди, которые считают ламповый звук лучше. Разберемся, чем звук на ламповых усилителях отличается от звука воспроизведенных на транзисторах.

Радиолампа при усилении добавляет в сигнал четные гармоники. Субъективно слух воспринимает звучание, в котором есть четные гармоники, как более теплое, в тоже время транзистор при усилении добавляет в сигнал нечетные гармоники, что и является принципиальным отличием транзисторного усилителя от лампового. В том, что четные гармоники неизбежно добавляются при усилении, естественно в разумных пределах, есть даже польза, потому что звучание становится более приятным для слуха. Кроме того, ламповый усилитель добавляет от себя главным образом гармоники низкого порядка (в основном 2 и 4), которые вызывают у слушателя меньше раздражения, чем гармоники высокого порядка. Формулы для создания большого числа только четных гармоник описаны выражениями

$$U(t)_{out} = K_{sign}U(t)_{in} + K_{harm}|U(t)_{in}|, \quad (1)$$

где K_{sign} – коэффициент передачи сигнального тракта; K_{harm} – коэффициент передачи тракта, в котором формируются гармоники входного сигнала (для удобства мы приняли эти коэффициенты за единицу).

Наш слух воспринимает звук, обогащенный нечетными гармониками, как более резкий. К тому же транзисторы дают гармоники высокого порядка (7 и даже выше), которые раздражают слух. Таким

образом, приятное звучание лампового усилителя создается во многом за счет «приправы» в виде дополнительных четных гармоник. Возможно, дополнительные четные гармоники даже частично маскируют нечетные, которые могут возникнуть.

Еще одним фактором, определяющим разницу между звучанием ламповой и транзисторной аппаратуры, является ограничение сигнала. Для транзисторного усилителя характерно жесткое ограничение. В результате «выбросы» громкости, которые бывают, сопровождаются хорошо слышимыми щелчками. В ламповом усилителе мягкое ограничение, которое не так заметно.

Для примера рассмотрим обычный гармонический синусоидальный сигнал (рис. 2).

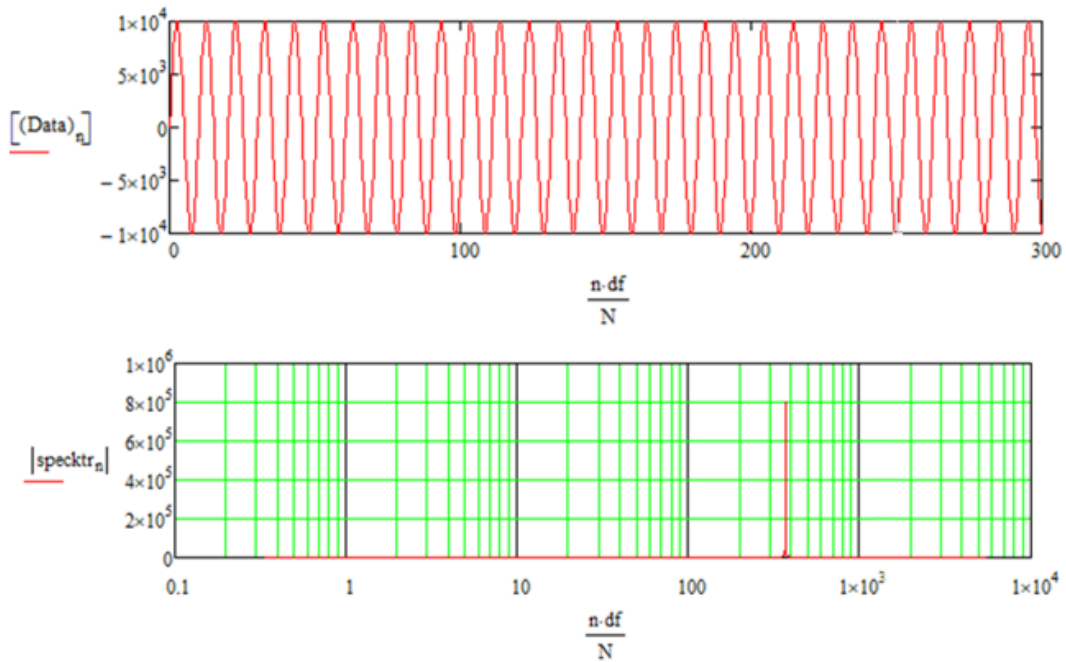


Рис. 2. Гармонический сигнал и его спектр

Как видно на спектре, в сигнале присутствует только одна гармоника, поэтому воспользуемся формулой (1), чтобы добавить несколько четных гармоник (рис. 3).

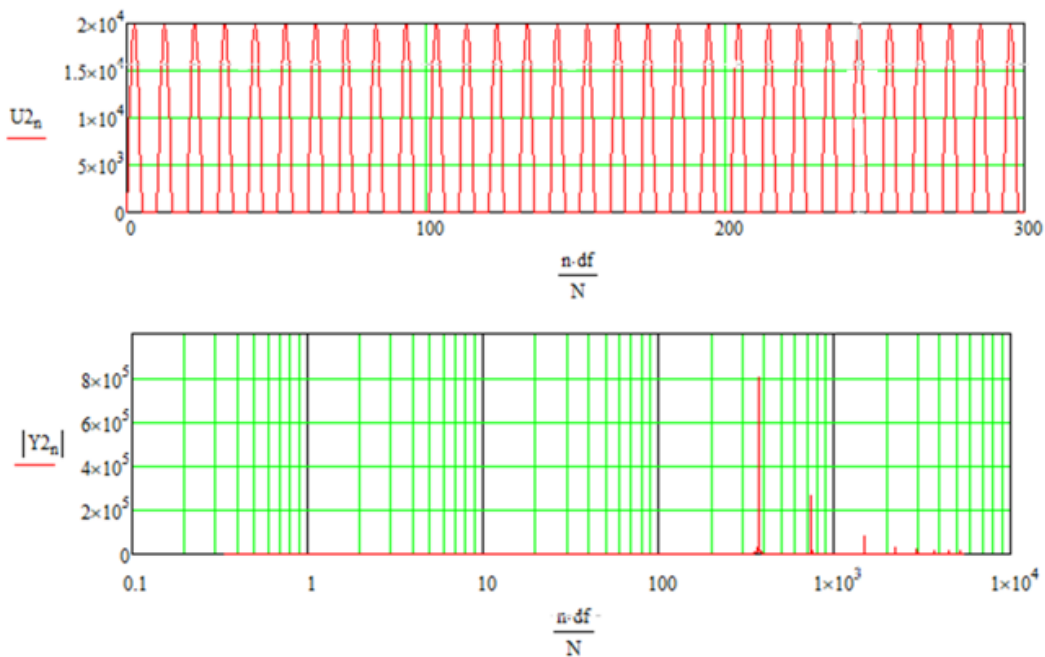


Рис. 3. Выходной сигнал и его спектр

Моделирование в среде Mathcad [2] позволяет описать работу цифровых имитаторов звука ламповых усилителей. Удобство работы со звуковыми файлами дает возможность наглядно продемонстрировать результаты работы таких устройств. Изменение параметров заданного сигнала и коэффициентов передачи позволяет изменить величину и характер гармоник, делая звук более теплым и приятным для слухового восприятия.

В заключение можно сказать, что благодаря современной технике можно цифровыми методами имитировать ламповый звук, пропуская сигнал через формулу (1), а в свою очередь все современная цифровая техника состоит из транзисторов, следовательно, на транзисторах можно имитировать ламповый звук и сейчас некоторые эквалайзеры позволяют как раз это делать, позволяя пользователям не покупая дорогую технику на лампах, которая кроме цены имеет еще ряд недостатков, таких как: габариты (т. к. ламповые усилители без трансформаторов не бывают), придется подбирать акустическую систему под усилитель, цена (сотня транзисторов стоят все равно дешевле одной лампы), масса (ламповый усилитель в сборе, весит гораздо больше чем усилитель на транзисторах). Возможно возвращение ламп в будущем, агентство по перспективным оборонным научно-исследовательским разработкам США (DARPA) считает, что электронные лампы еще не исчерпали свой потенциал. Более того, у них есть уникальные преимущества перед кремниевыми транзисторами, но эти уникальные преимущества уже не нужны для усиления звука.

Библиографический список

1. Вологдин Э. И. Методы и алгоритмы обработки звуковых сигналов. СПб.: Корона, 2012. С. 63–68.
2. Макаров Е. Г. Инженерные расчеты в Mathcad. СПб.: Питер, 2015. 448 с.

УДК 621.382

П. А. Корепин

студент кафедры проблемно-ориентированных вычислительных комплексов

В. А. Килимник – кандидат технических наук, старший научный сотрудник – научный руководитель

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТОТЫ СЕРДЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ ВО ВРЕМЯ СПОРТИВНОЙ ТРЕНИРОВКИ

Частота сердечных сокращений (далее ЧСС) очень важный показатель состояния и деятельности сердечно-сосудистой системы. Для спортсменов особенно важно следить за уровнем ЧСС, так как от этого зависит качество тренировки и состояние здоровья спортсмена. Всегда надо знать, когда увеличить темп, а когда лучше сбавить, чтобы не навредить своему организму.

Измерение ЧСС производится с помощью датчика пульса, который состоит из фотодиода, излучающего световое или инфракрасное излучение, и фототранзистора или фоторезистора. Спектр светового излучения подбирается таким образом, чтобы поглощение света кровью было максимально – это диапазон от 500 до 600 нм, не считая максимума в ультрафиолетовой части [1].

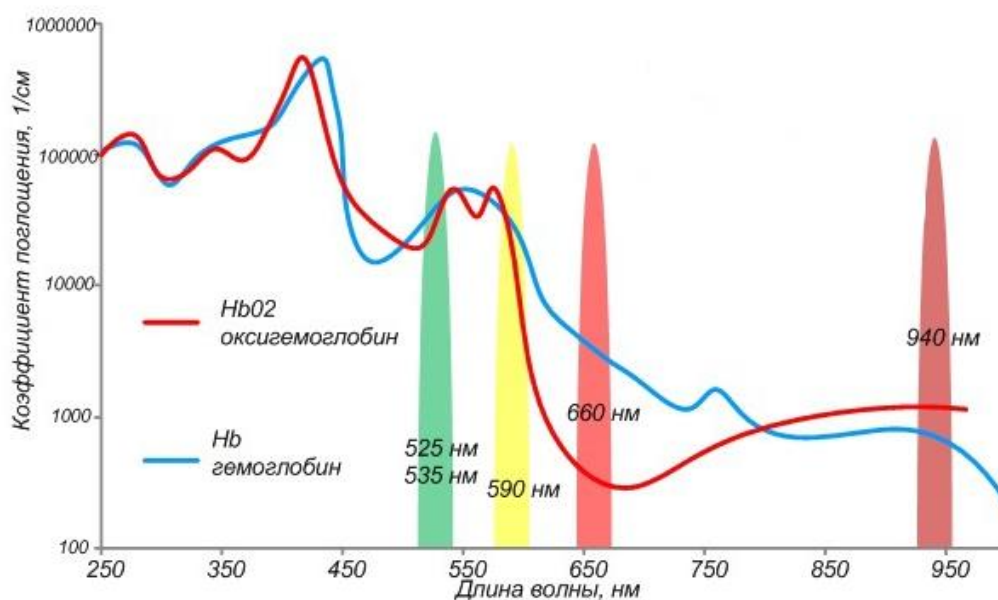


Рис. 1. Кривая поглощения света гемоглобином и основные спектры излучения пульсовых фотоплетизмографических датчиков

Существуют датчики пульса, совместимые с Arduino, которые работают в спектре зеленого света. Например, датчик APDS-9008, который часто используется в простейших пульсометрах [2].

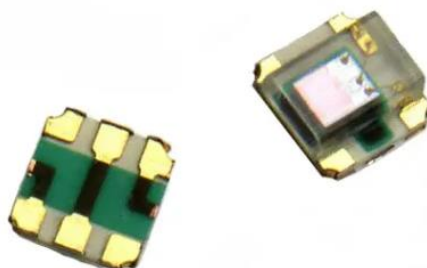


Рис. 2. Датчик APDS-9008

Также существуют датчики, работающие в инфракрасном диапазоне, например датчик CNY70. [3]



Рис. 3. Датчик CNY70

Немаловажен выбор фотоприемника, чаще всего им выступает фототранзистор. Фототранзисторов огромное количество, главным критерием выбора является спектр света, к которому он чувствителен. Для цели создать датчик пульса в зеленом спектре необходимо учесть это при подборе фототранзистора. Например, фототранзистор с видимым спектром света LX1971 [4].

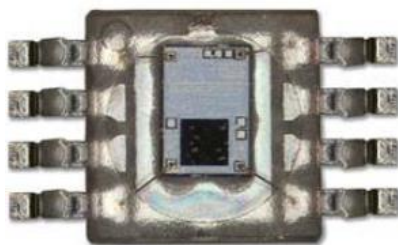


Рис. 4. Фототранзистор LX1971

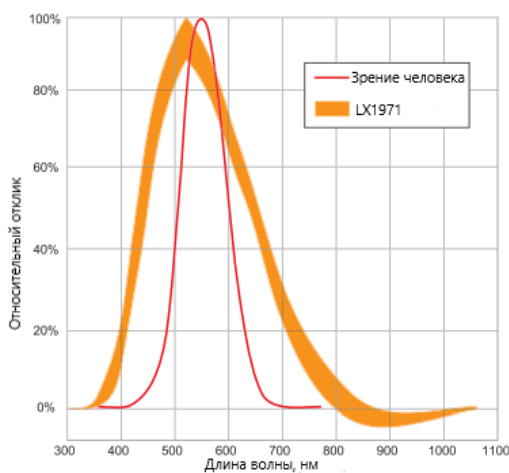


Рис. 5. Спектральная характеристика датчика LX1971

Алгоритм работы микроконтроллера заключается в следующем. Сначала мы подгружаем библиотеки необходимые для работы. Далее принимаем входной сигнал с разработанной аналоговой схемы. После микроконтроллер производит аналого-цифровые преобразования для дальнейшей математической обработки сигнала. Затем происходит усреднение сигнала для создания первого порогового значения. Далее мы подсчитываем период между пиками пульсации (ударами сердца), он необходим для вычисления ЧСС. Вычисляем ЧСС поделив минуту на период полученный в предыдущей операции. Записываем ЧСС в массив данных. Далее производим медианную фильтрацию из предыдущих полученных значений ЧСС. Записываем данные полученные в результате медианной фильтрации в

массив. Рассчитываем и записываем среднеарифметическое значение ЧСС, из предыдущих полученных медианных значений ЧСС. На этом цикл заканчивается.

Блок-схема описанного алгоритма программы.

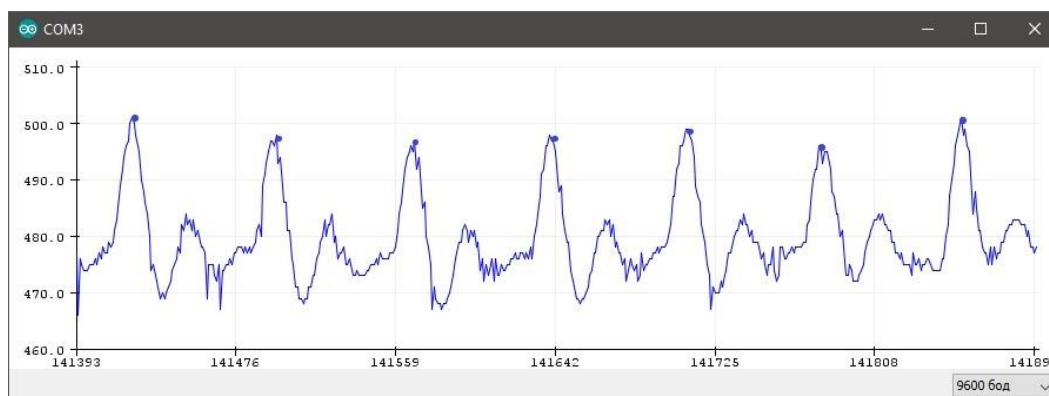
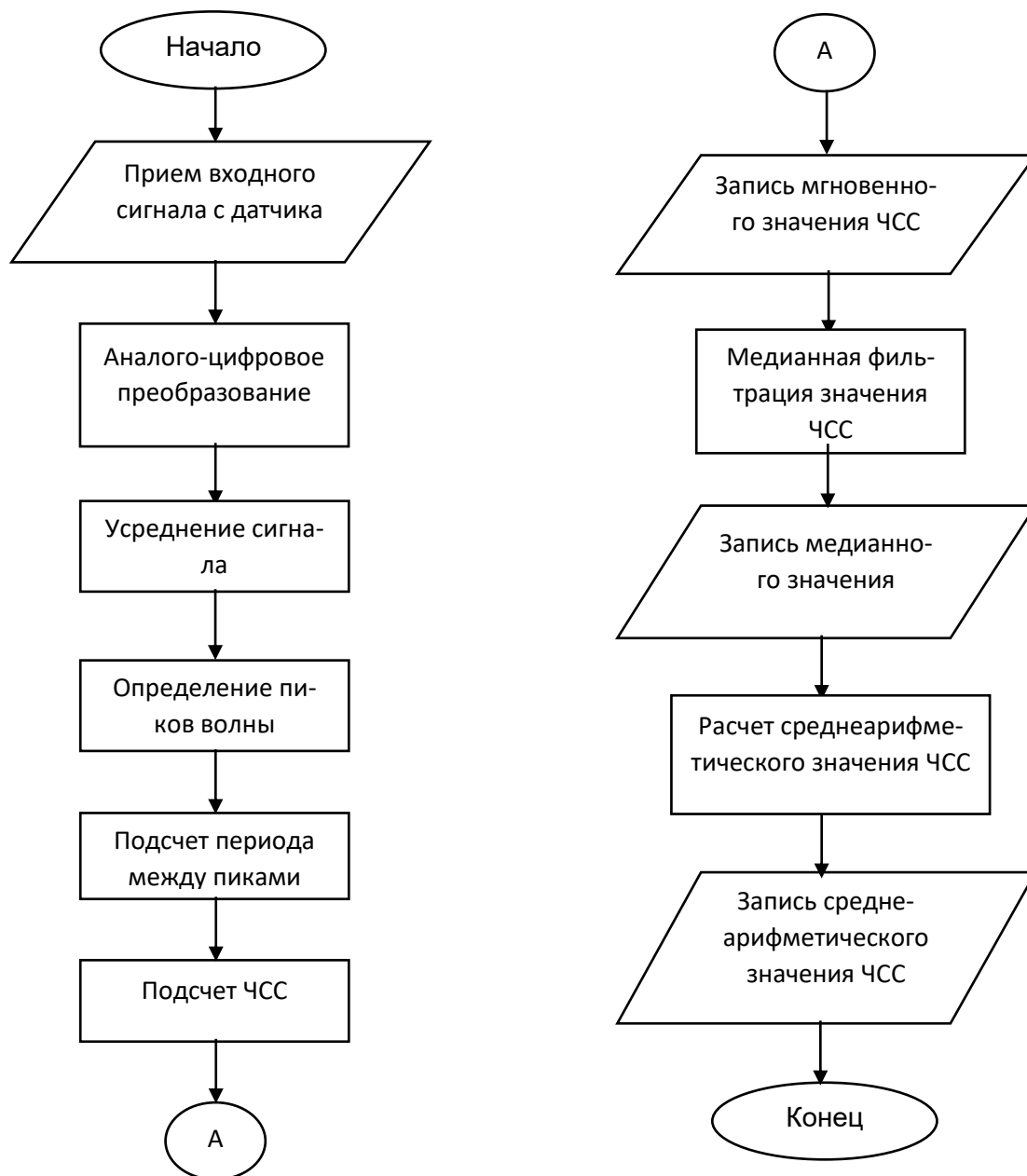


Рис. 6. Фотоплетизмограмма пальца руки

После применения алгоритма получаем частоту сердечных сокращений.



```
COM4
Heart-Beat Found BPM: 73
Heart-Beat Found BPM: 72
Heart-Beat Found BPM: 71
Heart-Beat Found BPM: 71
Heart-Beat Found BPM: 72
Heart-Beat Found BPM: 73
Heart-Beat Found BPM: 73
Heart-Beat Found BPM: 74
Heart-Beat Found BPM: 74
Heart-Beat Found BPM: 74
Heart-Beat Found BPM: 74
Heart-Beat Found BPM: 74
Heart-Beat Found BPM: 74
Heart-Beat Found BPM: 74
 Автопрокрутка  Показать отметки времени
```

Рис. 7. Частота сердечных сокращений

Датчики пульса активно используются в разнообразных умных часах и фитнес трекерах. Производитель сам выбирает какого цветового диапазона датчик им ставить, большинстве случаев ставят зеленый. Но, например, в часах Apple Watch Series 4 стоит датчик, который может использовать как зеленый свет, так и инфракрасный. [5] Последний используется для измерения частоты пульса в фоновом режиме. Также инфракрасный датчик стоит в часах Huawei Band 3 и фитнес трекерах JET Sport.

Практически во всех современных гаджетах имеется датчик пульса, это показатель того, что технология очень востребована, а для спортсменов просто необходима.

Библиографический список

1. Как умные часы, спортивные трекеры и прочие гаджеты измеряют пульс. Ч. 1. URL: https://habr.com/ru/company/darta_systems/blog/377197 (дата обращения: 12.05.2019).
2. Оптические датчики. URL: <https://www.broadcom.com/products/optical-sensors/ambient-light-photo-sensors/apds-9008> (дата обращения: 12.05.2019).
3. Документация. URL: <https://static.chipdip.ru/lib/033/DOC001033852.pdf> (дата обращения: 12.05.2019).
4. Microsemi. URL: <https://www.microsemi.com/existing-parts/parts/46772#resources> (дата обращения: 12.05.2019).
5. Apple. URL: <https://support.apple.com/en-us/HT204666> (дата обращения: 12.05.2019).

УДК 628.85:004.77

К. М. Кузнецова

студентка кафедры проблемно-ориентированных вычислительных комплексов

Н. Н. Григорьева – старший преподаватель – научный руководитель**СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ВОЗДУХА**

Потребность в мониторинге основных параметров воздуха, таких как влажность, температура и взвешенных частиц – необходимое условие хорошего самочувствия и работоспособности человека. Возможность быстро и без лишних сложностей предотвращать превышение заданного уровня этих параметров – важная задача, позволяющая увеличить безопасность и комфортность пребывания в местах, где люди учатся, трудятся или отдыхают.

Факторы, влияющие на микроклимат, можно разделить на две группы: нерегулируемые (комплекс климатообразующих факторов данной местности) и регулируемые (особенности и качество строительства зданий и сооружений, интенсивность теплового излучения от нагревательных приборов, кратность воздухообмена, количество людей в помещении и др.). Для поддержания параметров воздушной среды рабочих зон в пределах гигиенических норм решающее значение принадлежит факторам второй группы [1].

Задачей разрабатываемой системы автоматизированного мониторинга качества воздуха является контроль превышения критических значений углекислого газа, температуры и влажности в помещении.

Одна из функций системы мониторинга – сигнализировать о превышении показателей в помещении, где установлены датчики. Автономный блок оснащен светодиодами: мигает зеленый светодиод – все параметры в норме, мигает красный – небольшое превышение порогового значения, постоянно светит красный светодиод – критическое превышение. Также в случае превышения порогового значения одного или нескольких параметров внимание должен привлечь звуковой сигнал. На рис. 1 представлена структурная схема системы мониторинга качества воздуха.

Вторая функция устройства – получать значения с датчиков и с помощью Wi-Fi отправлять считываемые параметры в облачную платформу, где будет происходить накопление и анализ данных.

Такой контроль совмещает в себе достоинства централизованных и децентрализованных систем. Преимущество децентрализованной системы заключается в ее автономности и быстром оповещении о превышении значений посредством светодиодов и звуковой сигнализации на месте. Достоинство централизованной системы – в накоплении и анализе данных, при этом есть возможность расширить систему и анализировать состояние большего количества помещений.

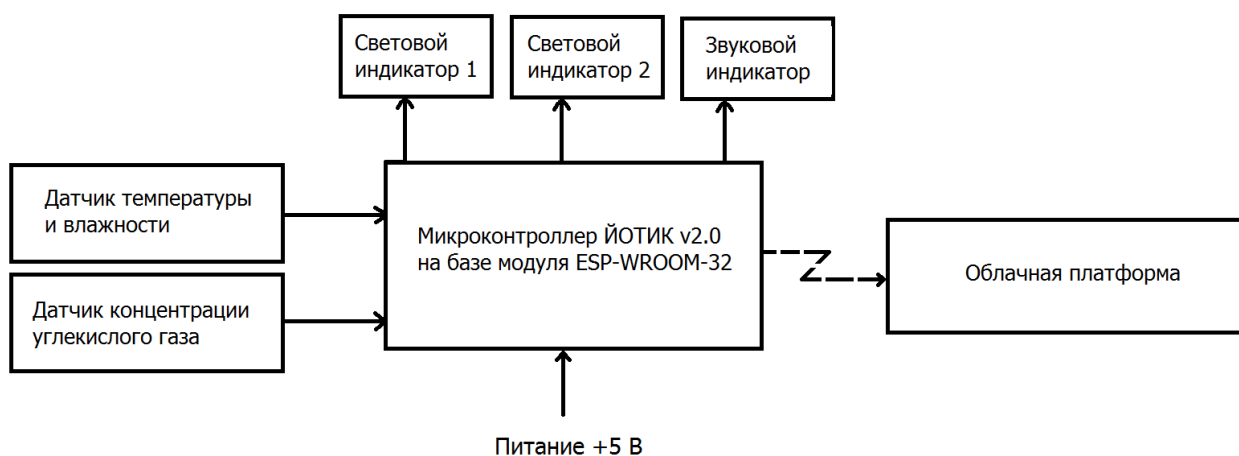


Рис. 1. Структурная схема системы мониторинга качества воздуха

Макетирование системы было реализовано на Arduino-совместимом контроллере ЙОТИК v2.0 на базе Wi-Fi модуля ESP-WROOM-32. Выбранный контроллер соответствует всем необходимым требованиям со стороны периферийных устройств.

Поскольку основной задачей проводимого исследования было макетирование устройства и анализ его работоспособности, выбор датчиков был обусловлен их доступностью и простотой. Для макета выбраны датчик температуры и влажности DHT-11 и датчик диоксида углерода MQ-135, в качестве индикаторных устройств использованы пьезоэлемент, два светодиода красного и зеленого цветов. Эти датчики удовлетворяют минимально необходимым условиям макетного прототипа устройства и не требуют дополнительных средств для подключения к контроллеру. Реализованный на выбранных элементах прототип автономного блока показал, что он достаточен для организации децентрализованного контроля параметров одного помещения. На рис. 2 изображен макет блока системы мониторинга качества воздуха.

В качестве облачной платформы для хранения и анализа информации выбрана открытая платформа ThingsBoard.

Для проверки работоспособности модуля в составе централизованной системы контроля было использовано программное обеспечение Arduino IDE, в которой написан программный код, и платформа ThingsBoard.

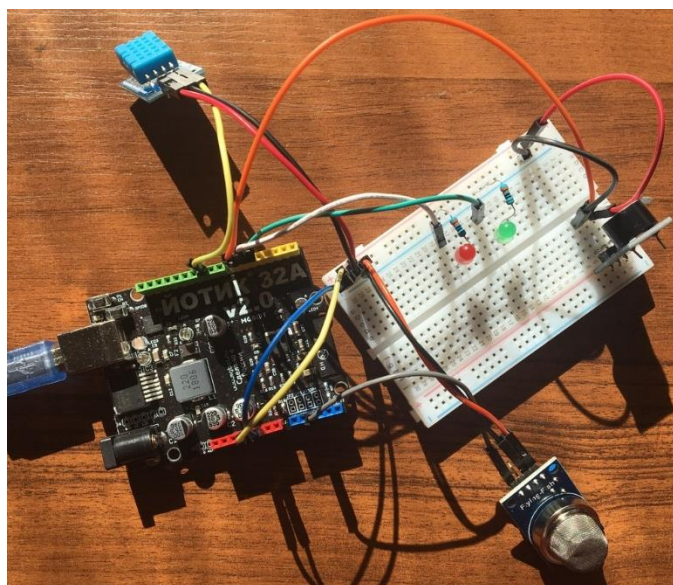


Рис. 2. Внешний вид макетного прототипа устройства

В программе Arduino IDE устанавливается скорость передачи данных в 115200 бод для корректной передачи информации.

Датчик DHT-11 подключен к микроконтроллеру через цифровой вывод 5. Связывается осуществляется через интерфейс Single-Wire Two-Way [2]. Датчик MQ-135 выдает аналоговый сигнал, пропорциональный концентрации углекислого газа [3], поэтому подключаем его к аналоговому выводу контроллера A4.

Для работы с датчиками устанавливаются библиотеки DHT. h и MQ135. h. Для работы с Wi-Fi модулем в качестве клиента и отправки данных по MQTT протоколу в облачную платформу используется библиотека PubSubClient. h.

С использованием макетного прототипа был проведен двухчасовой мониторинг качества воздуха в помещении. В результате были получены графики изменения влажности, температуры и концентрации углекислого газа в воздухе, представленные на рис. 3, 4, 5.

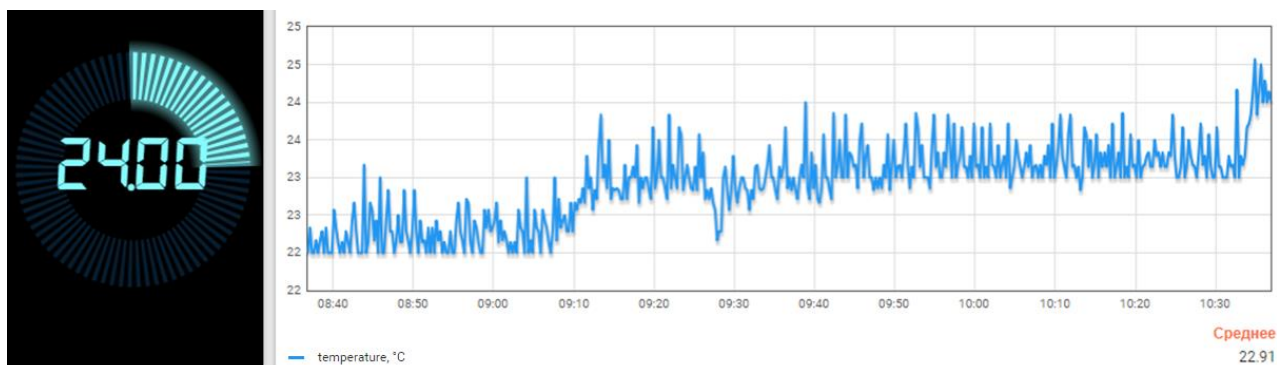


Рис. 3. Данные о температуре с датчика DHT11

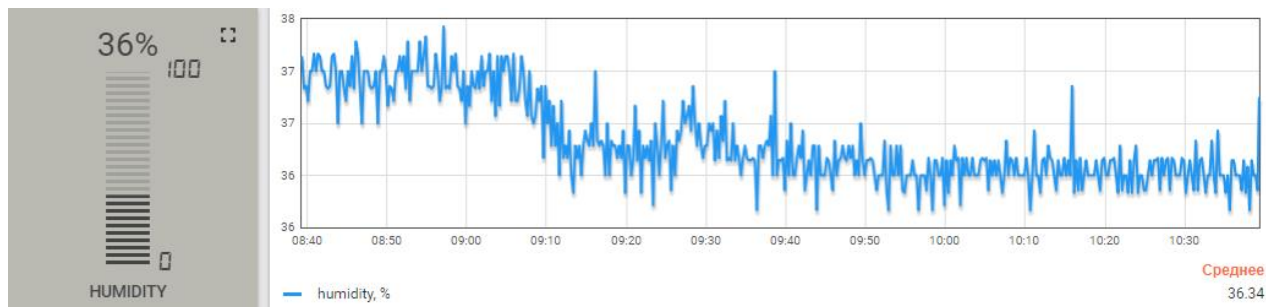


Рис. 4. Данные о влажности с датчика DHT11

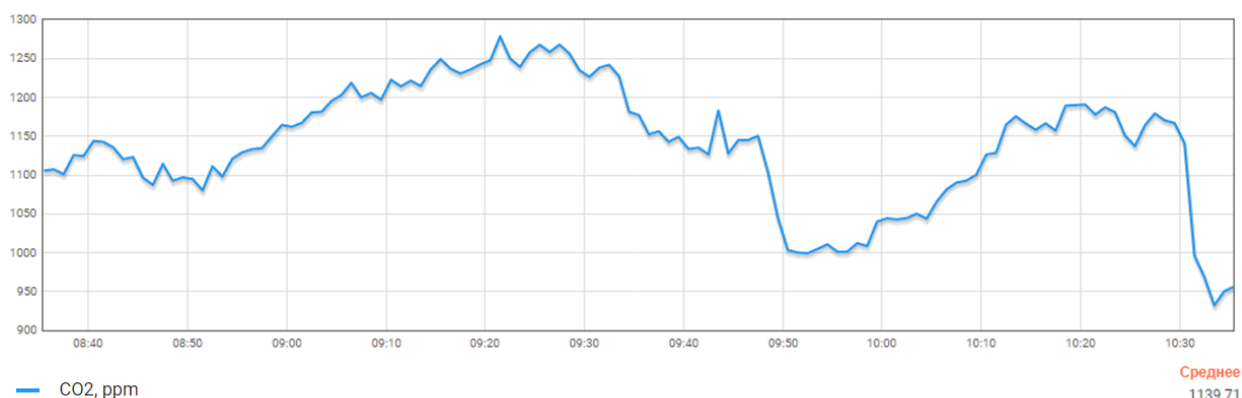


Рис. 5. Данные о концентрации углекислого газа с датчика MQ-135

По результатам проверки системы можно сделать вывод, что макетный прототип устройства выполняет заданные функции: работает, как и в децентрализованном варианте (работа индикаторов), так и в составе централизованной системы, обеспечивая передачу информации в облачную платформу ThingsBoard.

Библиографический список

1. Микроклимат производственных помещений. Нормируемые параметры микроклимата. URL: http://ohrana-bgd.narod.ru/proizv_67.html (дата обращения: 03.04.2019).
2. DHT11 Humidity and Temperature Sensor. URL: <https://www.mouser.com/ds/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf> (дата обращения: 10.03.2019).
3. Датчик углекислого газа MQ-135. URL: http://amperka.ru/product/troyka-mq135-gas-sensor?utm_source=man&utm_campaign=mqgas&utm_medium=wiki#docs (дата обращения: 12.03.2019).

УДК 004.051

И. С. Мартынова, Н. А. Штраус

студенты кафедры проблемно-ориентированных вычислительных комплексов

Е. Л. Турнецкая – кандидат технических наук – научный руководитель

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ ЮЗАБИЛИТИ ПРИ СОЗДАНИИ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ

При разработке пользовательских интерфейсов словом юзабилити обозначают общую концепцию удобства и простоты при использовании компьютерного интерфейса программного обеспечения, а также логичность расположения и группировки по функциональному назначению элементов управления, например, кнопок, веб-форм, гиперссылок [1, 2]. Процесс разработки веб-приложения, как частного случая программного обеспечения, может быть организован на основе гибких методологий создания программного обеспечения, например Scrum или Kanban. Как правило, общее число разработчиков в таких проектах не превышает 10 человек [1]. Поэтому возникает необходимость в создании простой и эффективной методики проектирования и оптимизации пользовательского интерфейса в условиях малочисленного состава коллектива разработчиков в течение короткого промежутка времени на основе измеряемых по определенным правилам критериев юзабилити.

При рассмотрении задач построения удобного для работы пользователя человеко-машинного интерфейса программного обеспечения требуется учитывать множество психологических, когнитивных и физиологических факторов, успешность реализации которых положена в основу следующих *принципов проектирования и оптимизации пользовательского интерфейса* [1, 2]:

- структурной организации подразумевает разделение на группы по функциональному назначению элементов интерфейса и схожести их графического исполнения внутри каждой группы;
- простоты требует, чтобы управление наиболее распространенными операциями было максимально простым и велось на понятном для пользователя языке;
- видимости утверждает необходимость организации видимости и доступности пользователю одновременно всех функций и данных, требуемых для решения поставленной задачи;
- обратной связи позволяет получить оповещения о действиях и ошибках веб-системы при выполнении пользователем операций с интерфейсом;
- толерантности разрешает адекватно интерпретировать действия пользователя, снижая риск ошибочно принятых решений путем многократной их отмены и повтора в правильной последовательности;
- повторного использования повышает надежность веб-системы за счет многократного применения ранее разработанных модулей и структурных компонентов и обеспечивает тем самым унифицированность интерфейса;
- эргодизайна веб-системы требует использования минималистического дизайна интерфейса, чтобы не отвлекать пользователя от выполняемой им работы [1].

Для оценки производительности работы с интерфейсом разработан метод GOMS (от англ. – Goals, Objects, Method and Selection rules) [3], позволяющий количественно измерить показатели, характеризующие эргономичность и дружелюбность пользовательского интерфейса, в частности, скоростные показатели работы, нервно-эмоциональное напряжение, скорость обучения навыкам взаимодействия с интерфейсом и т. д.

Количественная оценка показателей может проводиться двумя методами: окулографией (или айтрекингом, от англ. eyetracking), фиксирующей положение взгляда пользователя, и маустрекингом, основанным на отслеживании движений мыши пользователя.

Среди способов проведения исследований методом айтрекинга наиболее распространены бесконтактные методы регистрации движения глаз оптическим сенсором при восприятии и отражении зрачком специально созданной инфракрасной подсветки. При проведении исследований используют, например, программно-аппаратный комплекс, состоящий из дистанционного айтрекера RED 500 в качестве инфракрасной камеры и программного обеспечения от компании-производителя SensoMotoricInstruments (SMI).

Как правило, метод айтрекинга применяют для оценки привлекательности фрагментов интерфейса, эффективности поиска информации, удобства перехода между веб-страницами, оценки качества дизайна интерфейса веб-системы в целом [4].

Метод маустрекинга (от англ. – mousetracking) позволяет зафиксировать все движения мыши пользователя, и на основе полученных координат перемещения мыши составить «Карту кликов». Установлено, что курсор мыши следует за взглядом пользователя, именно поэтому маустрекинг применяют как альтернативу айтрекингу [4]. Проще всего для маустрекинга использовать карты Яндекс. Метрики, служащие для проведения аналитических исследований действий пользователя на веб-приложении: Карту кликов, Карту ссылок, Карту скроллинга и Аналитику форм. Для их создания на веб-систему требуется установить специальные счетчики от Яндекс. Метрики (<https://metrika.yandex.ru/promo/webvisor>).

На основе полученных данных создают множество аналитических моделей поведения пользователя. Например, существуют следующие режимы отображения Карты кликов: тепловая карта, в которой теплые цвета соответствуют частым кликам, холодные – редким; монохромная карта, где плотность цвета соответствует частоте кликов в данной точке; карта элементов, отображающая все элементы страницы сайта и др.

Вышеперечисленные методы исследования активности пользователей позволяют выявить зоны их активности и оптимизировать интерфейс веб-системы в соответствии с принципами юзабилити.

Количественную оценку практичности интерфейсов веб-систем проводят на основе критериев, предложенных Л. Констайном и Л. Локвудом [1]. Рассмотрим рекомендованные этими авторами метрики контроля удобства интерфейса:

- Сущностная эффективность измеряет количество реальных шагов пользователя для достижения поставленной задачи с минимально возможными шагами, перечисленными в сущностном описании.
- Согласованность задач служит показателем соответствия сложности задач, решаемых с помощью интерфейса, ожидаемой частоте их использования.
- Наблюдаемость задач показывает наличие всех требуемых элементов веб-интерфейса в зоне видимости пользователя.
- Единообразие компоновки позволяет оценить качество пространственного размещения компонентов.
- Визуальная связность оценивает согласованность расположения визуальных компонентов и их семантических взаимосвязей.

На основании вышесказанного авторы доклада предлагают методику создания и оптимизации интерфейса пользователя, состоящую из следующих этапов.

1. Разработка интерфейса на основе принципов юзабилити.
2. Контроль удобства интерфейса по критериям производительности Л. Констайна и Л. Локвуда.
3. Установка счетчиков Яндекс Метрики.
4. Проведение аналитических исследований.
5. Оптимизация пользовательского интерфейса.

По мнению авторов доклада, интерфейс, созданный с помощью данной методики, позволит существенно снизить информационную и когнитивную нагрузку на пользователя веб-системы и существенно повысить уровень их взаимодействия.

В настоящее время данная методика находится в процессе апробации и на ее основе разработаны интерфейсы двух веб-систем: туристического агентства Avilona (<http://avilona.ru>) и агентства digital-маркетинга Mediazen (<https://mediazen.ru>). Предварительный анализ отношения роста заявок пользователей на предлагаемые компаниями услуги к количеству посещений пользователей сайтов имеет устойчивую положительную динамику. Данный результат доказывает эффективность предлагаемой методики.

Библиографический список

1. Орлов С. А. Программная инженерия: учебник. СПб.: Питер, 2016. 640 с.

2. Кишкурно Т. В., Брусенцова Т. П. Использование принципов юзабилити для оптимизации процесса восприятия экранного пространства // Тр. БГТУ, 2017. Сер. 3. № 2. С. 96–99.
3. Oray W., John B., Atwood M. Project Ernestine: Validating GOMS for predicting and explaining real-world task performance. *Human Computer Interaction*, 1993 (8). P. 112–120.
4. Мишин А. А., Французова Ю. В. Проектирование программных интерфейсов на основе анализа шаблонных действий пользователя // Известия ТулГУ. Технические науки. 2016. Вып. 11. Ч. 1. С. 212–217.

УДК 004.4.275

В. К. Михайлов

студент кафедры проблемно-ориентированных вычислительных комплексов

В. С. Павлов – доктор технических наук, профессор – научный руководитель

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ ИГРОВОГО ОБУЧЕНИЯ

В современном школьном образовании все чаще применяются игровые формы обучения. Обучающие игры позволяют совместить хорошо знакомый школьнику вид деятельности с обучением, облегчая усвоение новых знаний, умений и навыков.

Целью работы является анализ современных технических средств, реализующих базовые методики игрового обучения, с позиции обоснования универсальной среды разработки обучающих видеоигр.

Современные обучающие игры можно разделить на три типа.

1. Игры, использующие физическое оборудование. К данному типу относится большинство существующих дидактических игр. В этих играх используется физическое оборудование и расходные материалы, такие как бумага, карандаши, ручки, фишки, карточки с буквами или другим содержанием, коробки, конверты, плакаты, таблицы и др. Плюсом таких игр является возможность создания большого количества игровых ситуаций с использованием подручных материалов и специально заготовленного инвентаря. Минусом же во многих случаях является узконаправленность и одноразовость используемых предметов. Как пример таких игр можно представить игру «Дополни слово». Ведущий называет часть слова (кни..) и бросает мяч. Ребенок должен поймать мяч и дополнить слово (. га). В роли ведущего ребенок и взрослый могут выступать поочередно [1].

2. Игры, не использующие инвентаря. Игры данного типа не требуют от учеников использования какого-либо инвентаря для принятия участия в них. В основном игры этого типа построены на взаимодействии между учениками или на взаимодействии между учениками и учителем. Плюсом игр такого типа является отсутствие необходимости в наличии какого-либо специального оборудования для проведения занятий, что в то же время является их основным минусом, так как уменьшает число возможных игровых взаимодействий. Примером игр данного типа может служить игра «Сломанный телефон». Дети усаживаются в ряд, ведущий говорит скороговорку на ухо первому, который повторяет ее соседу и т. д. Когда текст передан по цепочке, ведущий спрашивает, что каждый слышал. Ошибившийся выходит из игры [2].

3. Игры, использующие персональные компьютеры и другие информационные устройства. Игры данного типа используют персональные компьютеры и мобильные устройства как основной инструмент выполнения учеником поставленной задачи.

Использование компьютера для игры позволяет значительно расширить функциональные возможности обучающих игр, применяя элементы присущие видеоиграм, такие как: интерактивность, участие игрока в развивающемся сюжете, соревнование с компьютерным противником или с самим собой, моментальное получение отклика после действий игрока, отсутствие возможности выйти за пределы установленных игрой правил и т. д. Огромным преимуществом видеоигр является то, что большинство детей не нужно заставлять в них играть, так как они сами этого хотят.

В то же время чрезмерное использование цифровых технологий может приводить к негативным последствиям, таким как ухудшение памяти, вызываемое недостаточно вдумчивой обработкой поступающего потока информации. Обеспокоенность по этому поводу выражает немецкий психиатр Манфред Шпитцер в своей книге «Антимозг. Цифровые технологии и мозг» [3]. По этой причине обучающие видеоигры могут использоваться как вспомогательный инструмент, но не как замена традиционному обучению.

До недавнего времени развитие обучающих видеоигр осложнялось как отсутствием достаточно производительных и дешевых компьютеров, так и несерьезным, и порой осуждающим и настороженным отношением к видеоиграм в обществе, но сейчас эта ситуация довольно быстро меняется.

Большинство современных обучающих игр не используют возможностей, предоставляемых персональными компьютерами. Но встречаются исключения, например новые игры от 1 С [4] и игры,

которые изначально не задумывались как обучающие, но нашли свое применение в образовании. Например, Minecraft [5], использующийся в изучении истории, географии, физики, химии и биологии. И Portal 2 [6], применяющийся для изучения физики, тренировки пространственного мышления, улучшения навыков совместной работы и тренировки критического мышления.

Исходя из результатов исследования независимой лаборатории Joan Ganz Cooney Center [7], [8] видно, что ноутбуки и настольные ПК являются основной платформой, применяющейся для игрового обучения с использованием видеоигр (рис. 1), это обусловлено широким распространением этих устройств в школах и домах и более серьезным отношением к ним как учителей, так и учеников. Из исследования также можно сделать вывод, что большинство учителей используют видеоигры во вспомогательных целях для закрепления и повторения пройденного материала [8].

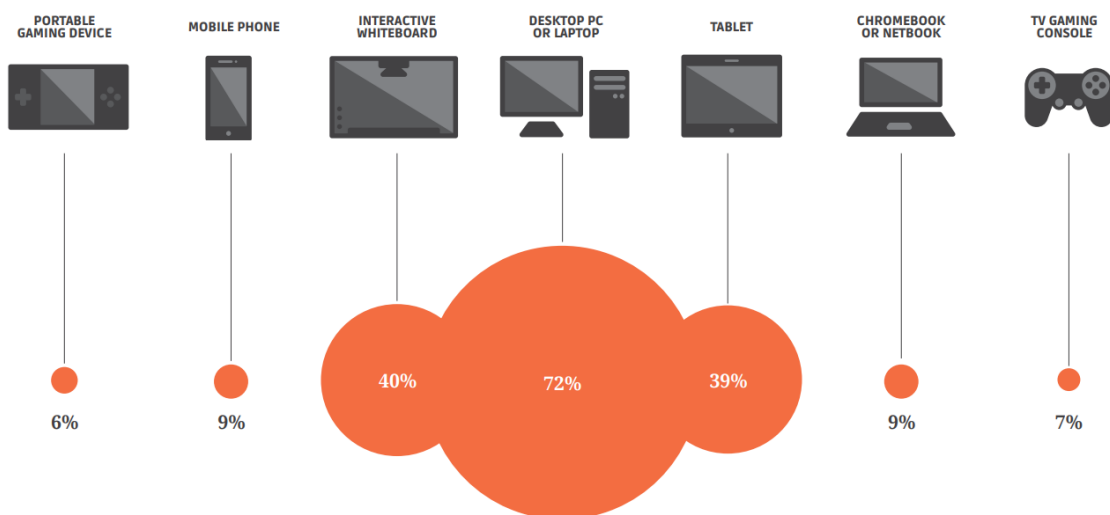


Рис. 1. Устройства, применяемые для игрового обучения

Исходя из произведенного анализа видно, что несмотря на все условия, до сих пор достаточно мало обучающих видеоигр, использующих наработки обычных видеоигр. Предлагается создать обучающую видеоигру для персональных компьютеров, которая кроме обучающей цели несла бы еще и развлекательную. Например, игру, в которой продвижения игрока по игре осложняется встречами с противником, для победы над которыми необходимо решать математические задачи (рис. 2). На рис. 3 представлен основной игровой цикл, совершаемый игроком. На рис. 4 изображено схематическое представление уровня игры.

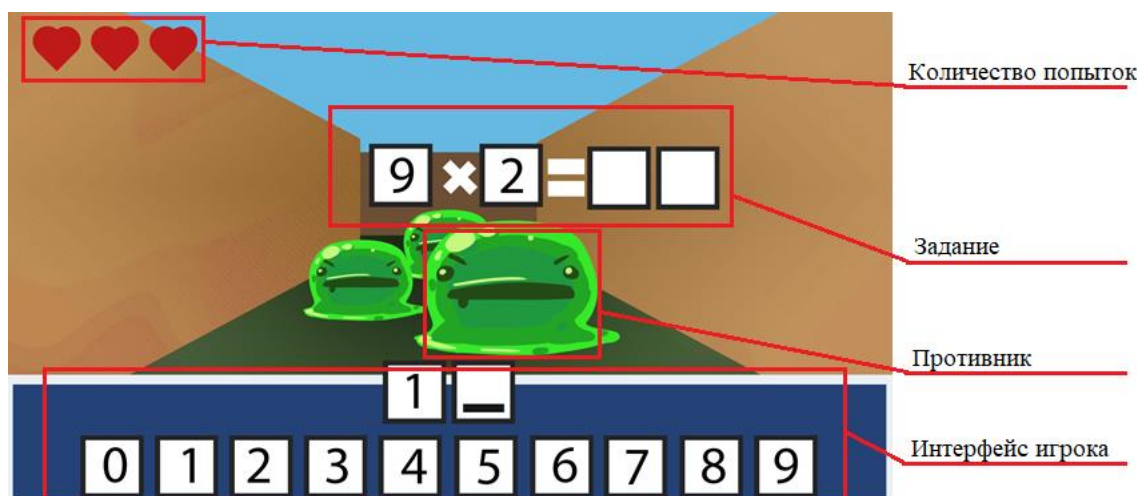


Рис. 2. Макет сражения с противником

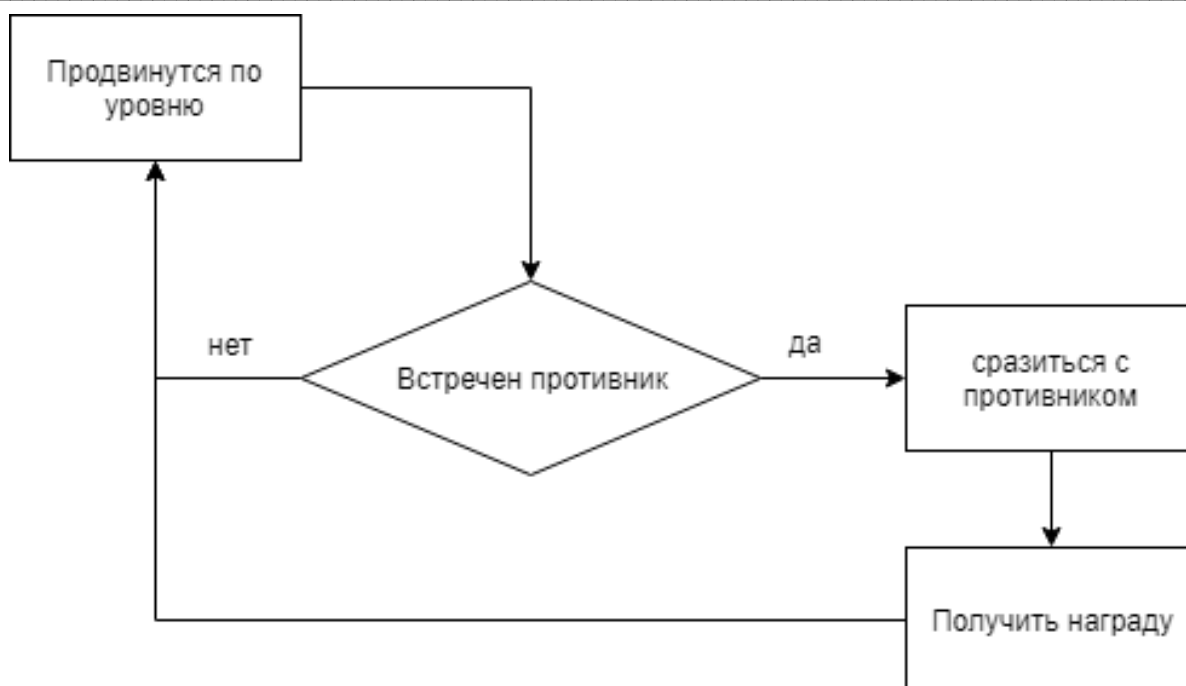


Рис. 3. Основной игровой цикл

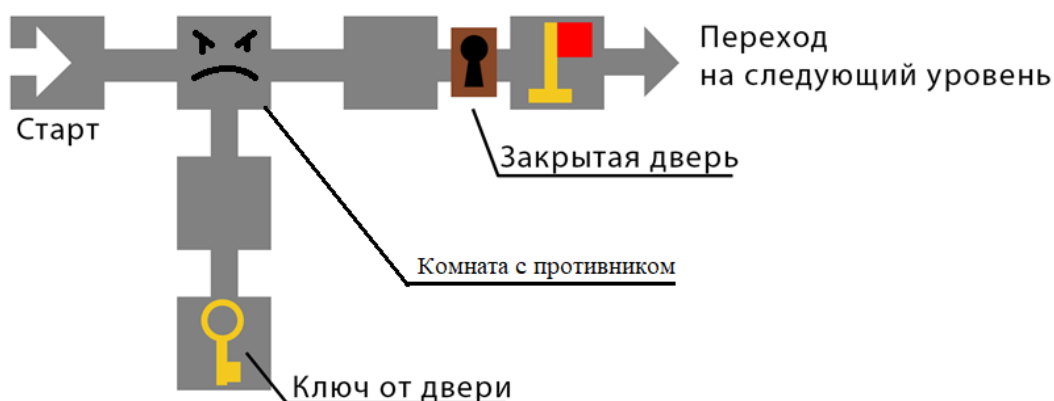


Рис. 4. Схематическое изображение уровня игры

В качестве основного инструмента разработки предлагается использовать Unity [9]. Unity является кроссплатформенной средой разработки видеоигр, предоставляющей все основные инструменты, необходимые для разработки, как простых любительских игр, так и технически сложных высокобюджетных проектов. В табл. 1 приведено сравнение трех популярных движков, использующихся для разработки видео игр.

Из приведенного сравнения видно, что Unreal Engine, хоть и превосходит Unity по техническим возможностям, но проигрывает ему в простоте использования, цене, качестве оптимизации для слабых устройств, интуитивности интерфейса, а также в доступности документации и расширений. GameMaker Studio 2 уступает Unity и Unreal Engine 4 почти по всем параметрам. Сравнение позволяет сделать окончательный выбор в пользу Unity.

Сравнение трех сред разработки видеоигр

| Критерий | | Unity | Unreal Engine 4 [10] | GameMaker Studio 2 [11] |
|--|--------------|--|--|--|
| Платформа | | Windows, MacOS, Linux | Windows, MacOS, Linux | Windows, MacOS |
| Платформы для публикации | | IOS, Android, Windows, Universal Windows Platform, Mac, Linux, Steam OS, Web GL, Playstation 4, Xbox One, Nintendo 3Ds, Nintendo Switch и т. д. [12] | Windows PC, PlayStation 4, Xbox One, Mac OS X, iOS, Android, AR, VR, Linux, SteamOS, HTML5 [13] | PC, Mac, Mobile, Web, Nintendo Switch, Playstation 4, Xbox [14] |
| Графические возможности | | 2D и 3D-графика | Высококачественная 3D-графика | 2D, примитивное 3D |
| Производительность | | Оптимизирован для работы с мобильными платформами и средними по мощности персональными компьютерами | Ориентация на мощные персональные компьютеры и консоли последнего поколения (Nintendo Switch, Playstation 4, Xbox One) | Высокая скорость работы, обусловленная эффективностью игрового движка (game engine) |
| Простота использования | | Интуитивный интерфейс, легкие для понимания обучающие материалы созданные разработчиками и сообществом | Сложный интерфейс, неудобный поиск и отладка ошибок кода, мощная система визуального программирования | Простая в использовании, но очень ограниченная система визуального программирования, простой собственный язык программирования |
| Язык программирования | | C# | C++ визуальное программирование | Собственный язык программирования, визуальное программирование |
| Объем встроенного магазина расширений и контента | Беспл. (шт.) | 5318 | 209 | 2441 |
| | Платно (шт.) | 19509 | 7610 | |
| Цена | | Personal – бесплатная (для компаний с доходом меньше 100 тыс. USD в год) | 5 % от дохода игр составляющего больше 3000 USD за квартал | Creator – 39 USD (PC, Mac) |
| | | Plus 25–35 USD в мес. (для компаний с доходом меньше 200 тыс. USD в год) | | Developer – 99 USD (PC, Mac, Mobile) |
| | | Pro 125 USD в мес. | | Console – 399 USD (PC, Mac, Mobile, Web, Consoles) |
| Документация | | Обширная документация, созданная Unity Technologies и активным сообществом | Хорошая документация, но маленький объем материалов, созданных сообществом, по сравнению с Unity | Встроенная документация, описывающая возможности игрового движка и языка программирования |

На основе проведенного анализа можно сделать вывод, что современная техническая база игрового обучения обширна, а видеоигры являются наименее развитым видом обучающих игр. Несмотря

на все положительные стороны обычных видеоигр, до сих пор достаточно мало обучающих видеоигр, использующих эти наработки в полной мере.

Библиографический список

1. Игровые технологии в обучении младших школьников. URL: <https://infourok.ru/igrovie-tehnologii-v-obuchenii-mladshih-shkolnikov-1868547.html> (дата обращения: 18.04.2019).
2. Сборник дидактических игр для начальной школы. URL: <https://nsportal.ru/nachalnaya-shkola/raznoe/2013/10/26/sbornik-didakticheskikh-igr-dlya-nachalnoy-shkoly> (дата обращения: 18.04.2019).
3. Шпитцер М. Антимозг. Цифровые технологии и мозг. М.: АСТ, 2013. 360 с.
4. Образовательные программы 1 С. URL: <http://obr.1c.ru> (дата обращения: 18.04.2019).
5. Minecraft EE. URL: <https://education.minecraft.net> (дата обращения: 18.04.2019).
6. PORTAL 2. URL: <http://learnwithportals.com> (дата обращения: 18.04.2019).
7. Joan Ganz Cooney Center. URL: <http://joanganzcooneycenter.org> (дата обращения: 06.05.2019).
8. Level up learning: A national survey on teaching with digital games By Lori M. URL: http://www.joanganzcooneycenter.org/wp-content/uploads/2014/10/jgcc_leveluplearning_final.pdf (дата обращения: 06.05.2019).
9. Unity. URL: <https://unity.com/ru> (дата обращения: 06.05.2019).
10. Unreal engine. URL: <https://www.unrealengine.com/en-US/> (дата обращения: 10.05.2019).
11. GameMaker Studio 2. URL: <https://www.yoyogames.com/gamemaker> (дата обращения: 10.05.2019).
12. Unity. Поддержка множества более 25 платформ. URL: <https://unity3d.com/ru/unity/features/multiplatform> (дата обращения: 06.05.2019).
13. Unreal Engine Platform Development. URL: <https://docs.unrealengine.com/en-us/Platforms> (дата обращения: 10.05.2019).
14. YoYo Games. Get GameMaker. URL: <https://www.yoyogames.com/get> (дата обращения: 10.05.2019).

УДК 004.413.5

В. А. Семдешева

студентка кафедры проблемно-ориентированных вычислительных комплексов

В. С. Павлов – доктор технических наук, профессор – научный руководитель

УНИФИКАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ УЧРЕЖДЕНИЙ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Информационные интернет-ресурсы (сайты) государственных органов являются эффективным средством распространения официальной информации. Открытость деятельности государственных органов и наличие обратной связи с отдельным гражданином составляют исходную позицию создания данных сайтов, призванных не только упростить процедуры решения многих важных вопросов, но и своевременно сообщать об актуальных новостях и изменениях законодательных документов.

При внесении информации в государственный интернет-ресурс и дальнейшем ее размещении на официальном сайте государственного органа, должны быть обеспечены: а) оформлением информации по установленным правилам, б) придание информации юридической силы. Состав размещаемой на официальном сайте информации, определяется Федеральным законом от 9 февраля 2009 г. № 8-ФЗ «Об обеспечении доступа к информации о деятельности государственных органов и органов местного самоуправления» [1].

В настоящее время многообразие форм логического построения и стилистического оформления сайтов учреждений здравоохранения РФ вызывает многочисленные затруднения у пользователей, которые не имеют специальной подготовки в области информационных технологий. Практикуемый, ныне устаревший, подход создания столь значимых веб-ресурсов требует своего пересмотра на основе современных методов автоматизированного шаблонно-ориентированного проектирования программных систем и внедрения соответствующих норм унификации.

Целью работы является анализ текущего состояния унификации информационных интернет-ресурсов учреждений здравоохранения РФ и определение путей внедрения единых подходов к проектированию данных ресурсов.

При рассмотрении государственных сайтов, к которым относятся сайты учреждений здравоохранения, выявились типовые недостатки, встречающиеся на каждом сайте районной поликлиники (рис. 1). Интересно отметить, что между рассмотренными сайтами фактически не было обнаружено общности.

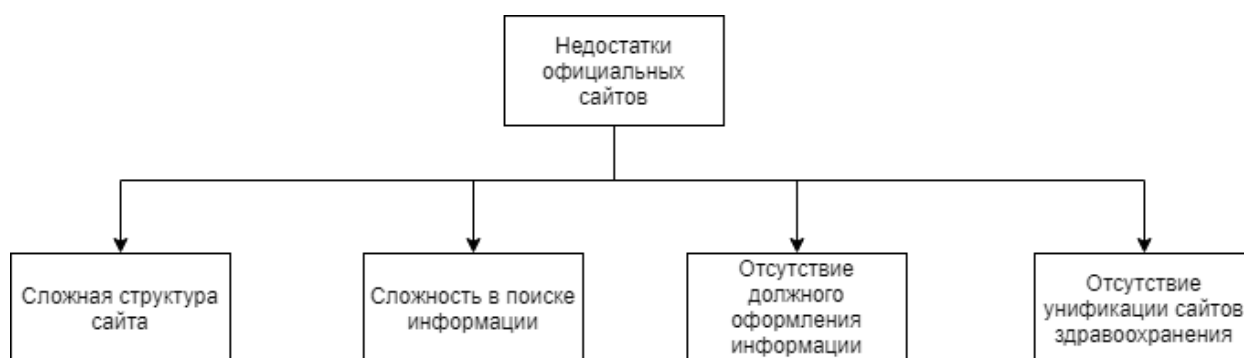


Рис 1. Недостатки официальных сайтов

Усложненность структуры сайта при большом объеме информации является одним из главных критических недостатков. Поиск решения любого частного вопроса занимает много времени из-за отсутствия структурировано представленной информации. При этом государственный орган должен самостоятельно обеспечивать структурирование своей информации.

Сложность в поиске информации частично вытекает из структуры сайта. Большие массивы текстов не позволяют пользователю отыскивать необходимую информацию. При этом многие из форм поиска информации на практике оказываются слишком сложными для неподготовленных пользователей, а отсутствие адаптивной версии для мобильных устройств исключает значительную часть возможных пользователей.

Исходные регламентирующие документы и сопутствующие разъяснительные материалы на официальных сайтах предоставляются в виде электронных копий. Проблема возникает в последующем восприятии этих документов и материалов пользователем – из-за отсутствия должного оформления теряется их значимость. Правовую, аналитическую и отчетную информацию целесообразно представлять на сайте в виде текста с использованием заголовков, которые отображают ключевую информацию, графических элементов (таблицы, рисунки, схемы, графики), то есть в удобном структурированном и пригодном для восприятия виде.

В результате анализа интернет-ресурсов (сайтов) государственных поликлиник была выявлена необходимость в их унификации и стандартизации [4]. Отсутствие общей логической структуры между информационными ресурсами различных учреждений здравоохранения и грамотного оформления разъяснительных материалов – эти недостатки являются общими и для сайтов государственных поликлиник. К сожалению, не все сайты государственных поликлиник ориентированы на удобство восприятия пользователем (речь идет об изменении шрифтов, то есть наличии версии для слабовидящих, наличии подписки на необходимую информацию нормативного, новостного характера, наличии блогов (возможности обсуждения) и др.).

Отмеченные недостатки сопряжены у пользователя с рядом проблем, возникающих из-за разнообразия сайтов учреждений здравоохранения. Пользователь, зайдя на официальный сайт государственной поликлиники, должен иметь возможность реализовывать свои информационные потребности и действия оперативно, исключая сомнения по поводу актуальности и достоверности представленной информации. Пользователю важны как функциональность, информационная наполненность, качество навигации (быстрый поиск информации), стилевое оформление официального сайта государственной поликлиники, так и наличие альтернативных прикладных сервисов для мобильных вычислительных устройств (рис. 2).

Унификация структуры сайтов здравоохранения позволит сделать их более узнаваемыми для пользователей, повысит их посещаемость за счет интеграции данных и позволит существенно сэкономить на веб-разработке и технической поддержке данных сайтов.

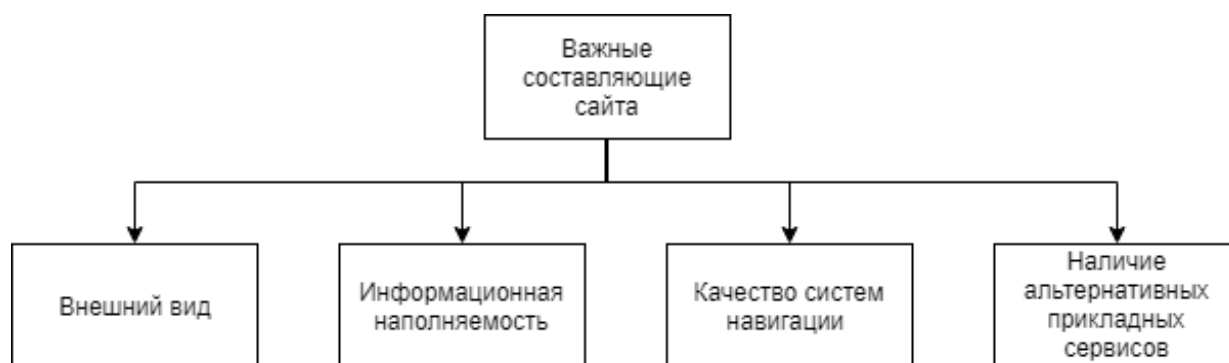


Рис. 2. Важные составляющие сайта

Стоит обратить внимание на информационный портал «ГосУслуги». По данным Минкомсвязи по состоянию на начало 2019 г. на портале были зарегистрированы 65 млн россиян. Если рассмотреть дизайн и структуру сайта, то можно видеть, что разработчики устранили главную проблему – отсутствие единого стиля, структурировали информацию и создали общую концепцию сайта, распределив грамотно контент и подобрав навигацию, которая помогает пользователю интуитивно найти ответ на поставленный вопрос. Сайт объединяет в себе 21 министерство и 62 ведомства [2]. Навигация в каталоге организована таким образом, чтобы пользователь мог быстро найти нужное министерство или ведомство и его контактную информацию. По пользовательской активности данный портал занимает лидирующее место среди всех ранее предложенных аналогичных порталов, но не предоставляет услуги Министерства здравоохранения РФ.

Как сообщает Russia Today (российский международный многоязычный информационный телеканал), на разработку, доработку и техническую поддержку сайтов государственных органов из бюджетов различных уровней тратится порядка 8,47 млрд рублей [3]. С целью минимизировать затраты на разработку электронных ресурсов и повысить их эффективность, ведется работа по созданию единого

стандарта для сайтов государственных органов. Предполагается, что нововведение позволит бюджетам сэкономить до 2,54 млрд рублей ежегодно. Введение стандарта для сайтов государственных органов должно радикально улучшить их качество, доступность, решить проблемы с нахождением и получением необходимой гражданам информации.

Проведенный анализ официальных информационных интернет-ресурсов учреждений здравоохранения РФ выявил отсутствие единого подхода к организации их логической структуры, различия в информационном наполнении и составе предоставляемых регламентирующих документов, а также существенную разнородность стилевого оформления, что усложняет поиск необходимой информации и операционные возможности пользователей. В этой связи, задача разработки шаблона программной системы, с целью унификации и автоматизации создания данных интернет-ресурсов, приобретает очевидное практическое значение.

Библиографический список

1. Федеральный закон «Об обеспечении доступа к информации о деятельности государственных органов и органов местного самоуправления». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_84602 (дата обращения: 01.04.2019).
2. Портал государственных услуг Российской Федерации. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения: 05.04.2019).
3. Клименко Г. С. Бюджетный вариант: единый стандарт для госсайтов экономит до 2,5 млрд рублей в год. URL: <https://russian.rt.com/russia/article/333566-standart-saity-gosstruktury> (дата обращения: 05.04.2019).
4. Унификация и стандартизация документов. URL: <https://lektsii.org/4-1310.html> (дата обращения: 01.04.2019).

УДК 621.383

К. Д. Соколова

студентка кафедры проблемно-ориентированных вычислительных комплексов

О. О. Жаринов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**РАЗРАБОТКА МИКРОПРОЦЕССОРНОГО УГЛОМЕРА**

В различных сферах человеческой деятельности требуется измерять углы с высокой точностью. Этой цели служат специализированные устройства – угломеры. Они находят свое применение, в медицине для определения подвижности суставов, в кристаллографии для измерения углов между гранями кристалла, при проведении строительных работ, в космонавтике, геодезии и многих других отраслях. В настоящий момент на рынке представлен широкий ассортимент угломеров, в основу функционирования которых заложены различные принципы [1]. Существуют приборы, называемые инклинометрами, в которых измерения осуществляются с помощью гироскопа. Гониометр, прибор для измерения углов между плоскими гранями, содержит две части – вращающуюся и неподвижную. Данная статья будет посвящена лазерным угломерам, точное устройство которых производитель не раскрывает. Стоимость таких устройств начинается от 2500 руб. [2].

В данной статье будет описана разработка прототипа микропроцессорного лазерного угломера с использованием фоточувствительного элемента. Функциональная схема описываемого устройства приведена на рис. 1.

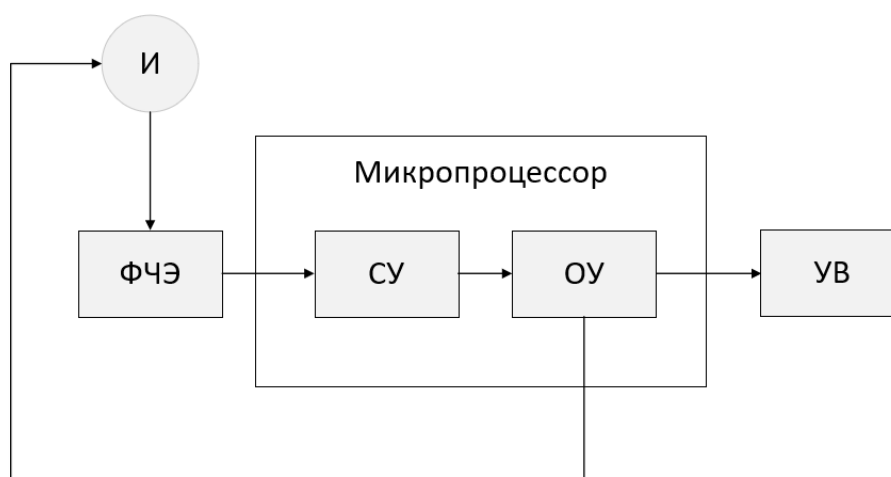


Рис. 1. Функциональная схема микропроцессорного угломера: И – источник лазерного излучения; ФЧЭ – фоточувствительный элемент; СУ – считывающее устройство; ОУ – устройство обработки данных; УВ – устройство вывода

На рис. 2 в виде упрощенной схемы представлены внешний вид и внутреннее устройство угломера.

Принцип работы данного угломера заключается в следующем. Внутри устройства располагается лазер 1, луч которого падает на матрицу 2 под некоторым углом и экспонирует малый участок ее поверхности. Сигнал с матрицы поступает в микропроцессор 3, где происходит его обработка. То есть по данным о том, на какой участок матрицы попадает лазерный луч, вычисляется угол падения этого луча, а, следовательно, и измеряемый угол α . Полученные данные выводятся на дисплей 4. Для проведения измерения угла между поверхностью и некоторым удаленным объектом необходимо расположить устройство на этой поверхности, измерительное плечо повернуть в сторону объекта и навести на него внешний луч.

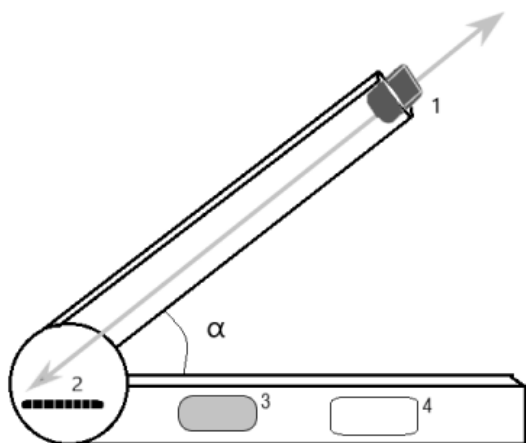


Рис. 2. Упрощенное схематическое изображение лазерного угломера

Для измерения угла между двумя поверхностями достаточно поместить основание угломера на одной из них и прижать измерительное плечо к другой, как показано на рис. 3.



Рис. 3. Проведение измерений с помощью угломера [3]

В качестве фоточувствительного элемента в принципе может быть использована матрица дискретных фотодиодов. Ее подключение к микроконтроллеру и считывание данных не представляет собой трудной задачи. Однако точность измерений при таком подходе будет невысокой ввиду дискретности элементов. Также в качестве светочувствительного элемента возможно использование оптического сенсора. Аналогичные устройства применяются в лазерной компьютерной мыши. Но стоит учесть, что он недостаточно устойчив к лазерному излучению. Альтернативным вариантом является использование ПЗС матрицы. В этом случае точность прибора окажется выше, но придется столкнуться с рядом проблем. Одной из них является так называемый blooming effect (блюминг), который заключается в

том, что при длительном и интенсивном экспонировании некоторого элемента матрицы избыточный заряд распространяется на соседние ее участки, что влечет за собой трудности в определении засвеченного элемента, а значит в расчете угла [4]. Следовательно, необходимо ограничить время воздействия лазера на светочувствительный элемент. Стоит отметить, что некоторые производители ПЗС матриц указывают, что в их матрицах предусмотрена защита от блюминга.

В данном случае в качестве фоточувствительного элемента будет использована ПЗС матрица. Рассмотрим принцип действия прибора с зарядовой связью. Устройство состоит из множества отдельных ячеек, способных накапливать электрический заряд под действием падающего света. Заряд каждой ячейки зависит от количества попавших в нее при экспонировании фотонов. Заряд каждой ячейки преобразуется в сигнал напряжения. Считывание данных осуществляется следующим образом. Сначала считывается заряд ближайшей к считывающему устройству ячейки, затем этот заряд разрушается, а заряды всех следующих ячеек сдвигаются на одну ячейку. После того как считан заряд последней ячейки прибор снова готов к экспозиции. Одним из важнейших параметров, на которые необходимо обратить внимание при выборе ПЗС матрицы, является емкость ячейки. Она определяет максимальное количество носителей заряда, которые могут храниться в одной ячейке. Как правило, значение этого параметра для ПЗС матриц, применяемых в фото и видеокамерах, варьируется от 10 до 30 тыс. электронов. В измерительной технике используются матрицы с емкостью ячеек порядка 200–300 тыс. электронов.

Для реализации данного прототипа лазерного угломера были выбраны следующие компоненты:

Микроконтроллер Arduino UNO.

ПЗС матрица TSL201 R.

Дисплей Nokia 5110.

Лазер.

Электрическая принципиальная схема подключения ПЗС элемента TSL201 R к Arduino UNO представлена на рис. 4.

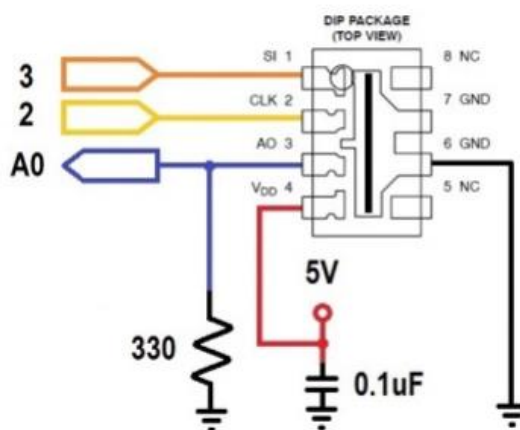


Рис. 4. Схема подключения ПЗС элемента TSL201 R к Arduino UNO [5]

На рис. 5 представлена диаграмма процесса получения данных с прибора.

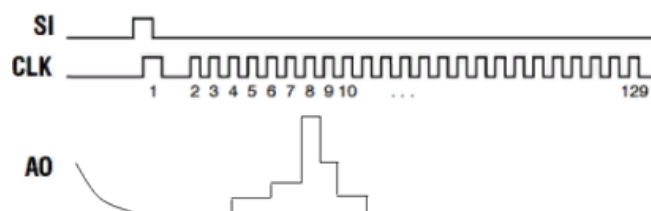


Рис. 5. Диаграмма, отражающая процесс измерения и считывания данных с прибора

Чтобы начать процесс измерения необходимо подать положительный импульс на вывод SI, зафиксировав его синхроимпульсом. Затем на выход CLC подаются еще 128 синхроимпульсов с целью очистки регистра. Необходимо ограничить время измерения, чтобы не вывести из строя фоточувствительный элемент. Экспозиция продолжается пока на вывод SI не будет подан следующий импульс. После этого, то есть во время следующего измерения, осуществляется считывание данных. Расчет угла производится по алгоритму, приведенному на рис. 6.

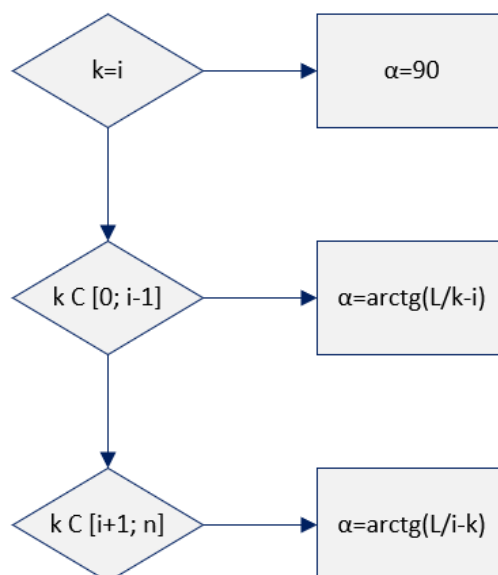


Рис. 6. Схема алгоритма для вычисления угла

Библиографический список

1. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1655347>(дата обращения: 02.04.2019).
2. URL: <https://market.yandex.ru/catalog--uglomeru-i-uklonomery> (дата обращения: 05.04.2019).
3. URL: <https://www.rmnt.ru/pub2/UA/bu> (дата обращения: 05.04.2019).
4. Климов М. А. Приборы с зарядовой связью как средства измерений. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pribory-s-zaryadovoy-svyazyu-kak-sredstva-izmereniy> (дата обращения: 12.04.2019).
5. Евсегнеев О. А. Фоточувствительная линейка TSL1401 URL: <http://robotclass.ru/articles/line-sensor-tsl1401> (дата обращения: 12.04.2019).

УДК 615.47

М. И. Судьин

студент кафедры проблемно-ориентированных вычислительных комплексов

В. А. Климник – кандидат технических наук, старший научный сотрудник

ОДИН ИЗ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ СИГНАЛА О ЧАСТОТЕ ПУЛЬСА С ПОМОЩЬЮ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДАТЧИКА

В проделанной мною работе рассматривается нестандартный метод получения сигнала, который позволяет оценить частоту пульса человека с помощью пьезоэлектрического датчика, регистрируя микроперемещения тела.

Для того чтобы оценить данный параметр, можно использовать либо контактный метод – фотометрический, либо бесконтактный метод – Баллистокардиографический стол Старра. Для изучения выбран бесконтактный метод, а именно баллистокардиография.

В интернет-статье [1] приведено определение баллистокардиографии «Это метод, который заключается в изучении сократительной способности мышцы сердца путем регистрации толчков в теле человека, возникающих в связи с сердечной деятельностью».

На функциональной схеме (рис. 1) представлены пьезоэлектрический датчик(ПЭ), с которого снимаются данные и переходят на операционный усилитель(У), при помощи резистора (R1) и построеного резистора (R2) выставляется коэффициент усиления примерно равный 20.

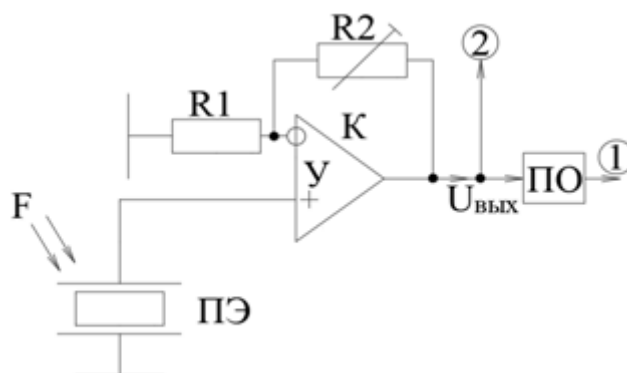


Рис. 1. Функциональная схема макета

С усилителя сигнал поступает на вход АЦП. Для преобразования сигнала в код мы использовали модуль «Е-154», представляющим собой 8-канальный АЦП с максимальной частотой преобразования входного сигнала 120 кГц с разрешением 12 бит, который обеспечивается программой «L-Graph-2», позволяющей визуализировать, сохранять и обрабатывать входные сигналы, как в реальном времени, так и в форме записанных файлов.

Как сказано в уже описанной интернет-статье [1]: «Выброс крови в аорту и легочный ствол сопровождается обратным толчком, «отдачей», передающейся телу». Для регистрации данного явления используется пьезоэлектрический датчик. Его работа указана в интернет-статье [4]: «На поверхностях пластины нанесены электроды, на которых в результате пьезоэлектрического эффекта возникают заряды противоположных знаков».

Когда человек садится на стул и происходит «отдача», то происходит микроперемещение тела, из-за которого сиденье стула деформируется, а на датчике возникает пьезоэлектрический эффект.

Сам датчик устанавливается под сиденьем стула. Из доступных, был выбран пьезоэлектрический датчик ЗП-18. Пьезоэлектрические датчики между собой по некоторым характеристикам похожи, все характеристики взяты интернет источника [2], например, их интенсивность звука составляет 75 дБ, но у ЗП-18 есть свои неотъемлемые характеристики: рабочая частота ПЗ-18 равна 4050–4150 Гц, рабочее напряжение составляет 3 В, резонансная частота составляет $4,1 \pm 0,05$ кГц.

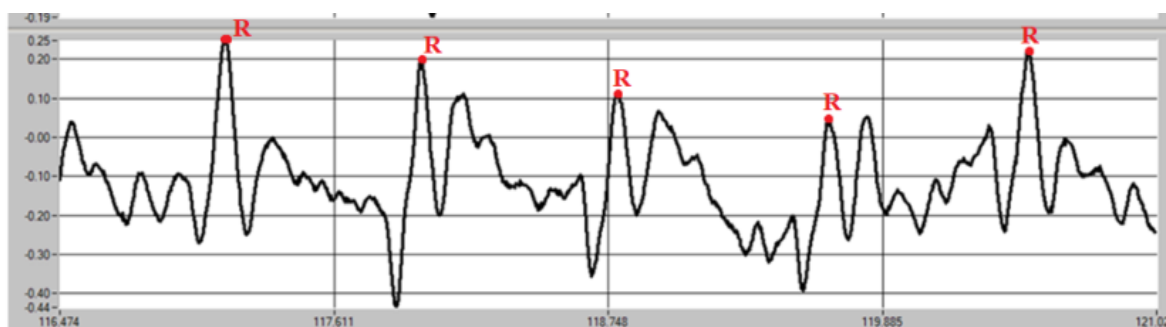


Рис. 2. Исходный сигнал

На исходном сигнале (рис. 2) уже можно увидеть четкие пики, но так как не со всех людей снимаются четкие показания, в некоторых случаях возникают «артефакты движения», для фильтрации была использована программа LGraph2 с установленным плагином «digfilters». Для понимания ее работы программы была изучено руководство пользователя [3], из которого можно прочесть, что: «DigFilters – плагин позволяет осуществлять фильтрацию в реальном масштабе времени одновременно по нескольким каналам с последующей децимацией». Во время экспериментов было выявлено, что лучше всего использовать полосовой фильтр с нижним пределом фильтрации 3 Гц и верхним пределом фильтрации 30 Гц. После фильтрации (рис. 3) можно увидеть более четкие пики и менее явные «артефакты движения».

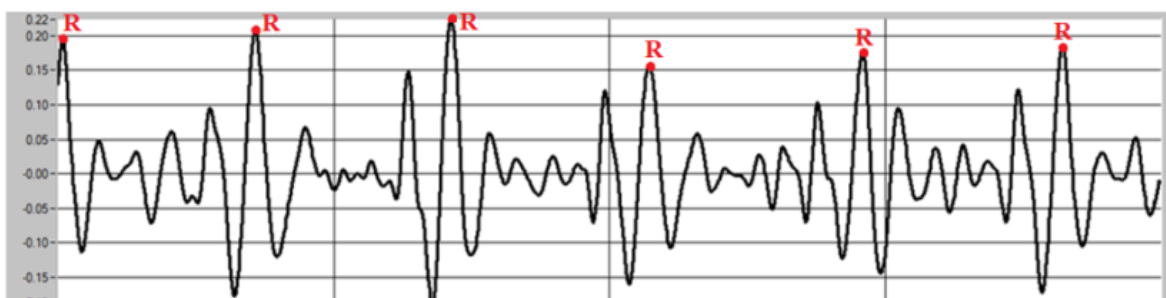


Рис. 3. Обработанный исходный сигнал испытуемого

На данном этапе мы уже можем наблюдать активность сердца, более того, наблюдения показали, что оценка частоты пульса зависит от веса испытуемого. В будущем будет проводиться изучение фильтрации сигналов и их улучшение, при которых возможны изменения конструкции макета. Изучение метода в дальнейшем позволит измерять частоту дыхания человека для подробного изучения его организма.

Библиографический список

1. Медицинская энциклопедия. URL: <http://www.medical-enc.ru/2/ballistokardiografiya.shtml>.
2. Излучатели звука. URL: <https://www.chipdip.ru/product/zp-18>.
3. Техническая поддержка. URL: http://www.lcard.ru/download/lgraph2_help.pdf.
4. Современные датчики. URL: <http://bookre.org/reader?file=563762&pg=0>.

УДК 621.389

А. В. Тимошина

студентка кафедры проблемно-ориентированных вычислительных комплексов

Е. П. Виноградова – старший преподаватель – научный руководитель

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ГЛОБАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ В ПРОСТРАНСТВЕ

Целью разрабатываемого устройства является получение информации с GPS о координатах объекта и их дистанционная передача с помощью модема LoRaWAN в облачную платформу.

Устройство глобального позиционирования объектов в пространстве реализовано на основе микроконтроллера Arduino Uno и подключенных к нему GPS модуля, 3-осевого акселерометра и трех-осевого гироскопа MPU6050 и модема LoRaWAN.

Микроконтроллер принимает информацию от GPS модуля о местоположении устройства, делает первичную обработку, используя дополнительные данные от акселерометра/гироскопа, и передает данные о положении объекта в пространстве на удаленный диспетчерский центр с использованием технологии радиосвязи LoRaWAN.

Описание используемых технологий

GPS (Global Positioning System) – спутниковая навигационная система США. Основной задачей данной системы является позиционирование подвижных и неподвижных объектов на местности.

GPS состоит из следующих частей:

1. Спутники, вращающиеся вокруг земли.
2. Станции на Земле, необходимые для получения информации со спутников.
3. Приемники GPS, принадлежащие пользователям.

Спутники передают сигналы с места, которые получают приемники GPS, вследствие чего обеспечивается трехмерное местоположение и время. [1]

Акселерометры встраиваются в мобильные телефоны в качестве датчиков для определения положения в пространстве, автоматического поворота дисплея и др. В состоянии относительного покоя он позволяет приблизительно оценить направление вектора силы тяготения Земли (g).

Для мониторинга данных о местоположении подключается модем LoRaWAN.

Задача LoRaWAN – максимально быстро и гарантированно передать небольшое сообщение от датчика на базовую станцию.

Сеть LoRaWAN состоит из следующих частей:

1. Конечный узел.
2. Шлюзы.
3. Сетевой сервер.
4. Сервер приложений.

На рис. 1 представлена схема, показывающая принцип использования LoRa для передачи данных. Слева представлены различные датчики, которые будут слать пакеты данных в шлюз (базовую станцию), он же по сети будет отправлять данные в сетевой сервер, так как обработка данных будет происходить именно там, однако он не может обработать полезную информацию из пакетов. Для этих целей служит следующее звено – сервер приложений, в нем происходит декодирование показаний от датчиков, и далее в понятной форме они передаются в интерфейс потребителю или в другое заданное место.

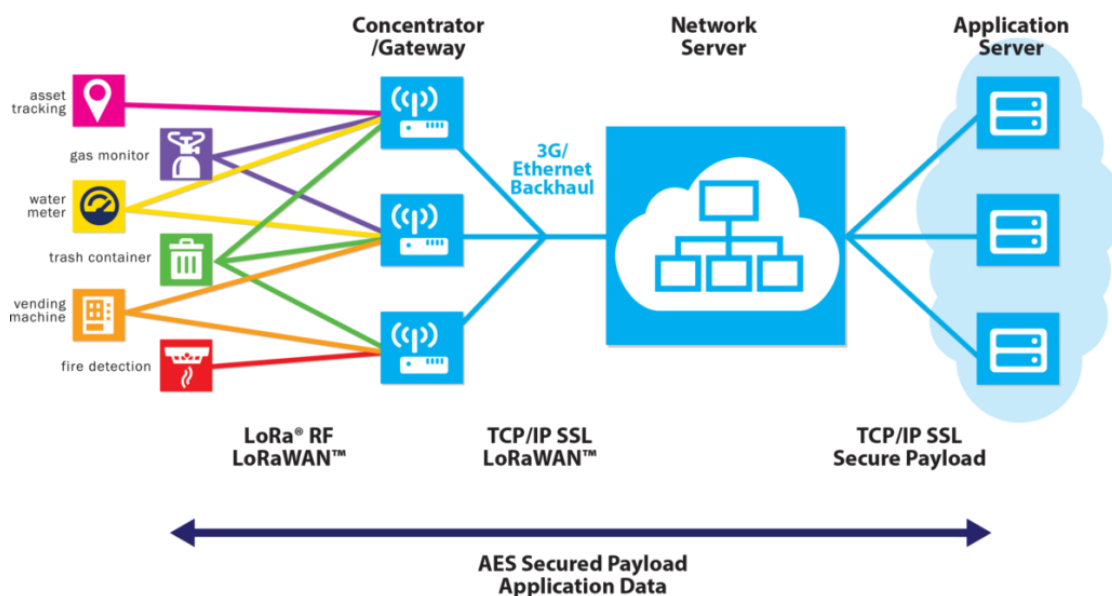


Рис. 1. Технология LoRaWAN

Принцип работы

Принцип работы системы GPS в следующем – приемник сигнала измеряет задержку распределения сигнала от спутника до приемника.

Спутники на околоземной орбите непрерывно вращаются, но их расположение регулярно отслеживается, в каждом навигаторе имеется приемник, настроенный на необходимую частоту. Спутники отправляют сигналы с закодированными данными, в том числе и точное время. Определение точного времени не малозначимо для получения географических координат: ориентируясь на разницу между отдачей и приемом радиосигнала, спутники вычисляют расстояние между собой и навигатором. На рис. 2 представлено изображение беспилотной орбитальной станции.

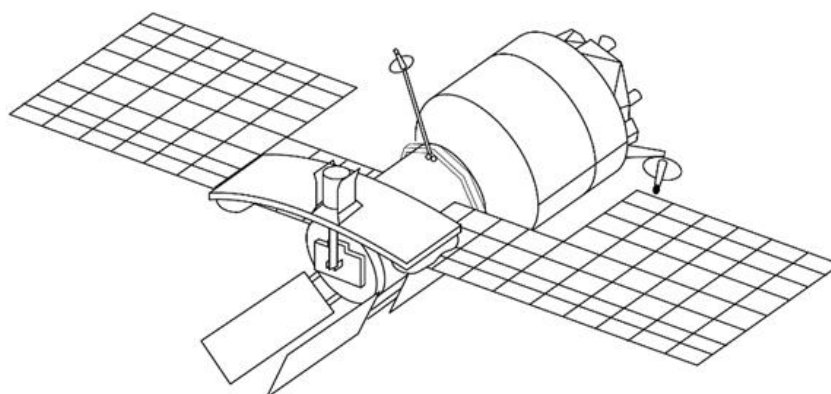


Рис. 2. Беспилотная орбитальная станция

В качестве объекта, положение которого определяет устройство, может быть использовано транспортное средство.

Акселерометр

Когда объект неподвижен, возникает ошибка в отображении сигнала с GPS, в результате чего невозможно определить в каком состоянии он находится. Такие броски координат физически маловероятны, для фильтрации принимаемых данных используется акселерометр. Следовательно, при остановке объекта, можно определить, что объект находится в статичном положении, если ускорение отсутствует, или в динамичном при его появлении. Таким образом, если от акселерометра отсутствуют данные о перемещении объекта, некорректные данные от GPS-приемника не используются.

Радиомодем LoRaWAN

Полученная информация о местоположении поступает в LoRaWAN. Модем позволяет передавать небольшие по объему данные на дальние расстояния. Визуализировать принимаемую информацию можно с помощью платформы Интернета вещей.

Аппаратная реализация системы

Выбор модуля позиционирования обусловлен рядом преимуществ. NEO-6M использует спутниковые системы дифференциальной коррекции (SBAS), вследствие, возрастает точность определения местоположения (до двух метров). Кроме того, снижается время холодного старта при использовании AGPS. Модуль поддерживает протокол NMEA, RTCM и UBX. Связываться с другими устройствами GPS может с помощью интерфейсов UART, I2C, SPI, USB.

В данном случае взаимодействие модуля с микроконтроллером осуществляется посредством интерфейса UART.

Для проверки работоспособности датчика производителем модуля было разработано программное обеспечение u-center.

На рис. 2 можно наблюдать, какие спутники попадают в поле зрения антенны NEO-6M. Выделенные части гистограммы зеленым цветом, подтверждает, что произошло соединение со спутниками.

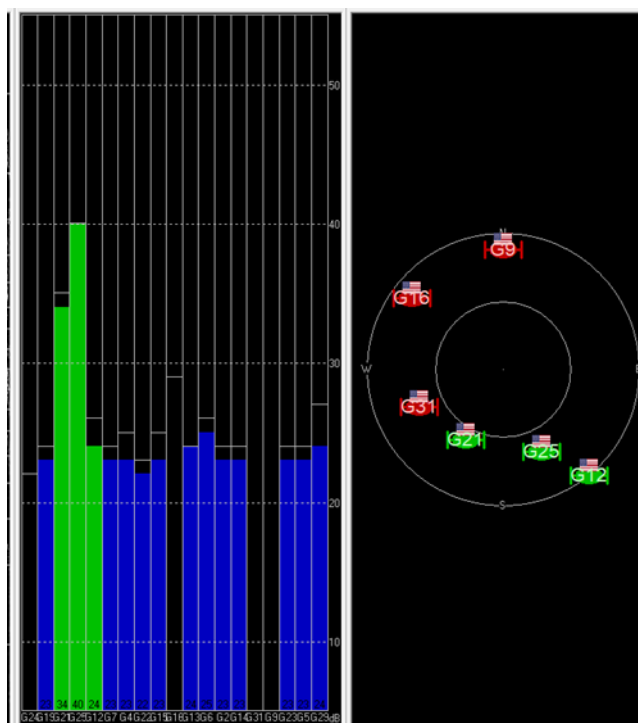


Рис. 2. Результат работы датчика GPS в программе u-center

Модуль GPS питается строго от 3,3 В; питание можно получать с микроконтроллера, RX и TX датчика подключаются к портам Arduino, через которые будет осуществляться программное соединение по UART.

Микроконтроллер Arduino Uno имеется в наличии, обладает всеми параметрами, необходимыми для подключения GPS, следовательно, для макетирования был выбран именно он.

Датчик положения MPU6050 питается также от 3,3 В; соединение с микроконтроллером осуществляется по интерфейсу I2C. Выводы SDA и SCL соединяются с аналоговыми выводами Arduino – A4 и A5.

Выбор модема обусловлен наличием ряда преимуществ по сравнению с другими беспроводными технологиями передачи данных.

К основным преимуществам LoRaWAN можно отнести:

1. Высокий радиус действия. Информация может поступать за несколько километров до объекта.

2. Потребляет мало энергии. Датчики LoRa живут от батарейки год или более.
 3. Высокая проникающая способность радиосигнала в городской застройке.
- Подключение к Arduino осуществляется посредством интерфейса UART; питается от 3,3 В. На рис. 3 изображен собранный макет устройства GPS.

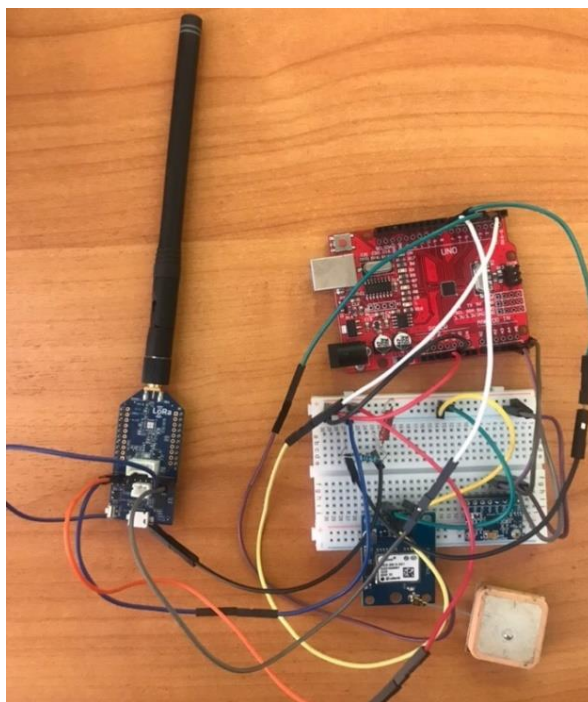


Рис. 3. Внешний вид макета

Программная реализация

С использованием программы u-center устанавливается скорость передачи данных в 9600 бод для корректной выдачи информации от GPS-модуля. После проверки модуля, можно переходить к подключению к Arduino.

Прежде всего, происходит подключение UART к нужным портам микроконтроллера, для соединения GPS-модуля (NEO-6M) с Arduino реализована программная связь с помощью цифровых выводов 2 и 3. Программный код будет написан в среде разработки Arduino IDE. Для работы с модулем устанавливаются библиотеки TinyGPS и SoftwareSerial. TinyGPS необходима для видоизменения сообщений используемого текстового протокола в читабельный формат. Библиотека SoftwareSerial используется для расширения аппаратных функций устройства и обработки задачи последовательной связи.

Для получения информации с датчика, используется стандартный текстовый протокол NMEA-0813. Когда модуль находит необходимое количество спутников для вычисления своего положения, он передает эти данные процессору по последовательному порту.

Для повышения качества принимаемых данных с GPS-модуля можно подключить акселерометр. Был выбран датчик MPU6050, он представляет из себя трех-осевой акселерометр и трех-осевой гироскоп, датчик подходит для данной работы, кроме того он имелся в наличии.

Результаты

В работе с датчиком глобального позиционирования было установлено, что более точное определение местоположения будет возможно на открытом пространстве, где легче устанавливается связь со спутниками и при использовании программной фильтрации принимаемых значений.

На рис. 4 представлен пример полученной информации с модуля.

```

20:09:29 $GPRMC,200929.00,A,5956.89682,N,03013.66054,E,0.356,
20:09:29 $GPVTG,,T,,M,0.356,N,0.659,K,A*29
20:09:29 $GPGGA,200929.00,5956.89682,N,03013.66054,E,1,03,2.8
20:09:29 $GPGSA,A,2,21,20,29,,,,,,,,,2.97,2.80,1.00*0E
20:09:29 $GPGSV,4,1,15,02,,,23,03,,,22,04,,,22,05,,,21*7A
20:09:29 $GPGSV,4,2,15,06,,,23,09,,,23,10,,,21,11,,,24*70
20:09:29 $GPGSV,4,3,15,14,,,22,16,,,23,18,,,23,20,17,178,34*4
20:09:29 $GPGSV,4,4,15,21,72,197,38,28,,,24,29,36,110,34*7A
20:09:29 $GPGLL,5956.89682,N,03013.66054,E,200929.00,A,A*6B
20:09:30 $GPRMC,200930.00,A,5956.89674,N,03013.66058,E,1.004,
20:09:30 $GPVTG,,T,,M,1.004,N,1.860,K,A*29
20:09:30 $GPGGA,200930.00,5956.89674,N,03013.66058,E,1,03,2.8
20:09:30 $GPGSA,A,2,21,20,29,,,,,,,,,2.97,2.80,1.00*0E
20:09:30 $GPGSV,4,1,14,02,,,23,03,,,22,04,,,22,06,,,24*7D
20:09:30 $GPGSV,4,2,14,09,,,23,10,,,21,11,,,23,14,,,22*74
20:09:30 $GPGSV,4,3,14,16,,,23,18,,,23,20,17,178,34,21,72,197
20:09:30 $GPGSV,4,4,14,28,,,25,29,35,110,34*4B
20:09:30 $GPGLL,5956.89674,N,03013.66058,E,200930.00,A,A*66
20:09:31 $GPRMC,200931.00,A,5956.89676,N,03013.66055,E,0.267,
20:09:31 $GPVTG,,T,,M,0.267,N,0.495,K,A*28
20:09:31 $GPGGA,200931.00,5956.89676,N,03013.66055,E,1,03,2.8
20:09:31 $GPGSA,A,2,21,20,29,,,,,,,,,2.97,2.80,1.00*0E
20:09:31 $GPGSV,4,1,14,02,,,22,03,,,22,04,,,23,06,,,24*7D
20:09:31 $GPGSV,4,2,14,09,,,23,10,,,21,11,,,22,14,,,21*76
20:09:31 $GPGSV,4,3,14,16,,,23,18,,,23,20,17,178,33,21,72,197
20:09:31 $GPGSV,4,4,14,28,,,25,29,35,110,33*4C
20:09:31 $GPGLL,5956.89676,N,03013.66055,E,200931.00,A,A*68
20:09:32 $GPRMC,200932.00,A,5956.89676,N,03013.66057,E,0.664,
20:09:32 $GPVTG,,T,,M,0.664,N,1.229,K,A*2F
20:09:32 $GPGGA,200932.00,5956.89676,N,03013.66057,E,1,03,2.8
20:09:32 $GPGSA,A,2,21,20,29,,,,,,,,,2.97,2.80,1.00*0E
20:09:32 $GPGSV,4,1,14,02,,,21,03,,,20,04,,,23,06,,,23*7B
20:09:32 $GPGSV,4,2,14,09,,,23,10,,,19,11,,,20,14,,,19*74
20:09:32 $GPGSV,4,3,14,16,,,23,18,,,23,20,17,178,33,21,72,197
20:09:32 $GPGSV,4,4,14,28,,,24,29,35,110,33*4D
20:09:32 $GPGLL,5956.89676,N,03013.66057,E,200932.00,A,A*69
20:09:33 $GPRMC,200933.00,A,5956.89670,N,03013.66063,E,0.676,
20:09:33 $GPVTG,,T,,M,0.676,N,1.253,K,A*21
20:09:33 $GPGGA,200933.00,5956.89670,N,03013.66063,E,1,03,2.8
20:09:33 $GPGSA,A,2,21,20,29,,,,,,,,,2.97,2.80,1.00*0E

```

Рис. 4. Результат работы модуля

Строка \$GPGGA указывает непосредственно на координаты местоположения, их можно проверить, 59 градусов и 56,89674 минут, и 30 градусов, 13,66055 минут, соответствуют городу Санкт-Петербург.

GPS-навигация является одной из наиболее перспективных областей внедрения LoRaWAN. За счет использования новейшего протокола передачи данных, разработанное устройство позволяет проводить мониторинг в местах, где отсутствует GSM-связь.

Библиографический список

1. Шебшаевич В. С., Дмитриев П. П., Иванцевич Н. В. Сетевые спутниковые радионавигационные системы. М.: Радио и связь, 1993. 408 с.
2. Как работает GPS-навигация. URL: <https://www.facte.eu/tehnologii/kak-rabotaet-gps-navigatsiya>. (дата обращения: 15.03.2019).
3. Технология LoRa. URL: <https://habr.com/ru/company/realtrac/blog/304312> (дата обращения: 02.04.2019).

УДК 336.76

А. О. Увяхмин

студент кафедры проблемно-ориентированных вычислительных комплексов

Е. Л. Турнецкая – кандидат технических наук – научный руководитель

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА НА КРИПТОВАЛЮТНЫХ РЫНКАХ

Основной движущей финансовых (валютных или товарных) рынков современных информационно развитых стран силой являются новостные события, заявления глав государств, отчеты компаний, изменения в финансовой политике центробанков, ставка Федеральной резервной системы США. Перечисленные факторы могут изменить ситуацию на рынке и задать тенденцию движения цен активов на продолжительное время. Отличие криптовалютного рынка состоит в том, что подобные события практически не оказывают на него влияния. Положительная динамика уровня продаж сохраняется только при условии многократного появления в средствах массовой информации материалов о том или ином активе. При таком подходе у трейдеров возникает синдром упущенной выгоды – FOMO (от англ. – Fear of missing out), который, например, наблюдался с децентрализованной цифровой валютой Bitcoin и большинством альтернативных электронных валют с середины 2017 – начала 2018 г., и настоятельная потребность в осуществлении коммерческих сделок [1].

Прогнозирование ценовых колебаний на рынке криптовалют возможно средствами технического анализа. Первые попытки составления прогнозов были сделаны в средневековой Японии с помощью метода японских свечей. Впоследствии средства технического анализа обогатились новым инструментарием и на сегодняшний день к ним относят следующие [2].

1. Фигуры и модели графического анализа:

- голова и плечи;
- треугольник;
- тройное вершина/дно;
- флаг и вымпел;
- круглая вершина/дно;
- комплексные фигуры.

2. Индикаторы.

Основой их работы является оценивание двух факторов – цены и объема торгов. Наибольшей популярностью, основанную на простоте использования, обладает индикатор скользящего среднего. Этот индикатор рассчитывают для каждого момента времени среднее арифметическое прошлых ценовых колебаний без учета шума. Расчет может производиться по ценам максимумов или минимумов, открытия и закрытия цен [2]. Рассмотрим два возможных сценария работы цифрового рынка. Если цены находятся выше линии индикатора, то это сигнал о преобладании числа покупок над продажами. Следовательно, стоимость электронной валюты возрастет и ее можно покупать. В случае когда цена графически пересекает линию скользящего среднего, подается сигнал к продажам.

Уровни поддержки и сопротивления являются основой технического анализа. Эти линии соединяют важные максимумы и минимумы, показывая точки, у которых находится больший спрос на покупку или продажу активов.

Особенность инструментов технического анализа заключается в том, что они учитывают не только количественные характеристики электронного рынка, но и позволяют провести аналитические исследования по полученным данным. Анализируя предоставленную информацию, трейдеры могут увидеть ошибки других игроков рынка, скорректировать собственную стратегию поведения и увеличить вероятность совершения прибыльной сделки.

Эксперты технического анализа утверждают, что применение каждого инструмента по отдельности не позволяет однозначно определить, когда требуется начинать покупку/продажу криптовалюты [3]. Решение подобной задачи возможно только при комплексном подходе и использовании одновременно нескольких средств технического анализа. Такое решение заложено в существующих специализированных программах – аналитических ботах, которые помогают трейдерам адекватно реагировать на изменения на цифровом рынке.

В свободном доступе аналитических приложений для принятия решений не существует. Разработчики коммерческого программного обеспечения предоставляют только библиотеки и примеры реализации автоматизированных приложений для проведения аналитических исследований или «ботов-торговцев» без возможности получения реальной прибыли. При этом инструменты для анализа рынка присутствуют только в терминале и графическом виде. В качестве примера рассмотрим проект «Cgurtorg» (<https://cryptorg.net/ru>). Он предоставляет аналитические программы для проведения торговых сделок, имеет платную подписку, не афиширует методы принятия решений на открытие/закрытие сделки, осуществляет удаленную работу через сервер, а не напрямую (что ставит под угрозу финансовые активы), а основными показателями, которыми может управлять клиент, остаются только ставки профицита и риск-менеджмента.

Следует отметить, что программные полнофункциональные решения, имеющие документацию на русском языке, в настоящее время отсутствуют. На основании вышеизложенного считаю, что требуется разработка алгоритма поиска решений, основанного на комплексном применении сложных инструментов технического анализа, и его квалифицированная программная реализация.

Поэтому в магистерской диссертации поставлена цель – создание аналитического веб-приложения принятия решений открытия/закрытия сделок на рынке криптовалют. Программное решение будет основано на разрабатываемом в настоящее время алгоритме прогнозирования, базирующемся на более сложных по сравнению с традиционными средствами анализа инструментами, в частности, марковских цепях, функции Уолша и их комбинирования с основными индикаторами и аналитическими методами анализа электронного рынка.

На основании вышеперечисленного считаем, что проектируемая веб-система будет востребована и станет коммерчески успешным программным продуктом на рынке электронной коммерции.

Библиографический список

1. Демарк Т. Р. Экономика Технический анализ – новая наука. М.: Евро, 2008. 288 с.
2. Швагер Д. Д. Технический анализ. Полный курс / М.: Альпина Паблишер, 2019. 802 с.
3. Форум трейдеров. URL: <http://quoteforum.ru/forum/6-tekhnicheskii-analiz-fundamentalnyi-analiz> (дата обращения: 11.04.2019).

УДК 004.93; 343.982.323

А. Е. Фарафонова

студентка кафедры проблемно-ориентированных вычислительных комплексов

Е. Л. Турнецкая – кандидат технических наук – научный руководитель

СИСТЕМА БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛЮДЕЙ

Распознавание лиц или биометрическая идентификация людей на сегодняшний день – одно из распространенных и постоянно развивающихся направлений в кибернетике. Биометрические технологии позволяют распознавать людей по большому спектру физических (статистических) или поведенческих (динамических) признаков, таких как: идентификация по лицу, по радужной оболочке глаза, по ДНК, по походке, по голосу, по подчерку и много другое. Технологии распознавания лиц позволяют как просто идентифицировать пользователя, так и производить автоматический поиск конкретного объекта в больших базах данных. Основной аспект данной доклада – методы распознавания лица. Какие они бывают, в чем их особенности, преимущества и недостатки.

Выделяют следующие этапы процесса распознавания лица:

- обнаружение лица, его расположение и размер;
- выравнивание лица, определение его признаков и выделение особенностей;
- сравнение особенностей лица с базой данных, хранящей эталонные изображения.

Углубимся в изучение биометрической идентификации людей с помощью разбора трех основных методов распознавания лиц.

Метод гибкого сравнения на графах (Elastic graph matching)

За основу в методе берется граф [1]. Лица – графы со взвешенными ребрами. Весом ребра считается расстояние между соответствующими вершинами. Суть метода заключается в эластичном сопоставлении графов, которые описывают лицо на изображении. Один граф является эталонным и на этапе распознавания он остается неизменным, а другие графы деформируются до максимального возможного к эталонному. Граф может быть на основе регулярной решетки или антропометрических точек лица. В вершинах графа вычисляются комплексные значения фильтров Габора, выделяющие края на изображении и распознающие границ объектов. Деформация графа – смещение каждой из его вершин на некоторое расстояние относительно ее исходного расположения. Требуется выбрать ту позицию, при которой разница между значениями признаков в вершине деформируемого графа и соответствующей ей вершине эталонного графа будет минимальной. Деформация графов выполняется по очереди для всех вершин графа пока не будет достигнуто наименьшее суммарное различие между признаками деформируемого и эталонного графов. Результат распознавания системы – эталон с наилучшим значением ценовой функции деформации.

| Входное изображение | Пример двух фильтров Габора | Результат свертки входного изображения лица и фильтров Габора |
|---|---|--|
|  |  |  |

Рис. 1. Пример свертки изображения лица с двумя фильтрами Габора

Достоинство метода гибкого сравнения на графах: сохранение высокой стабильности распознавания объекта при смене ракурса или выражения лица. Недостатки: сложность вычисления процедуры распознавания, технологичность при запоминании новых эталонов весьма низкая, линейная зависимость времени работы от размера базы данных лиц.

Нейронные сети [2]

Отличительная особенность – обучаемость по уже существующим готовым примерам. В процессе обучения извлекаются ключевые признаки, по которым выстраивается взаимосвязь между ними. После этого обученная нейронная сеть может применить полученный опыт, для того, чтобы распознать раннее неизвестный объект. Наилучшие результаты в области распознавания лиц показала Convolutional Neural Network, или сверточная нейронная сеть (СНС). Отличительными особенностями СНС являются локальные рецепторные поля, которые обеспечивают локальную двумерную связность нейронов и общие веса для определения лица в любом месте на изображении. СНС обеспечивает частичную устойчивость к изменениям масштаба, смещениям, поворотам, смене ракурса и прочим искажениям.

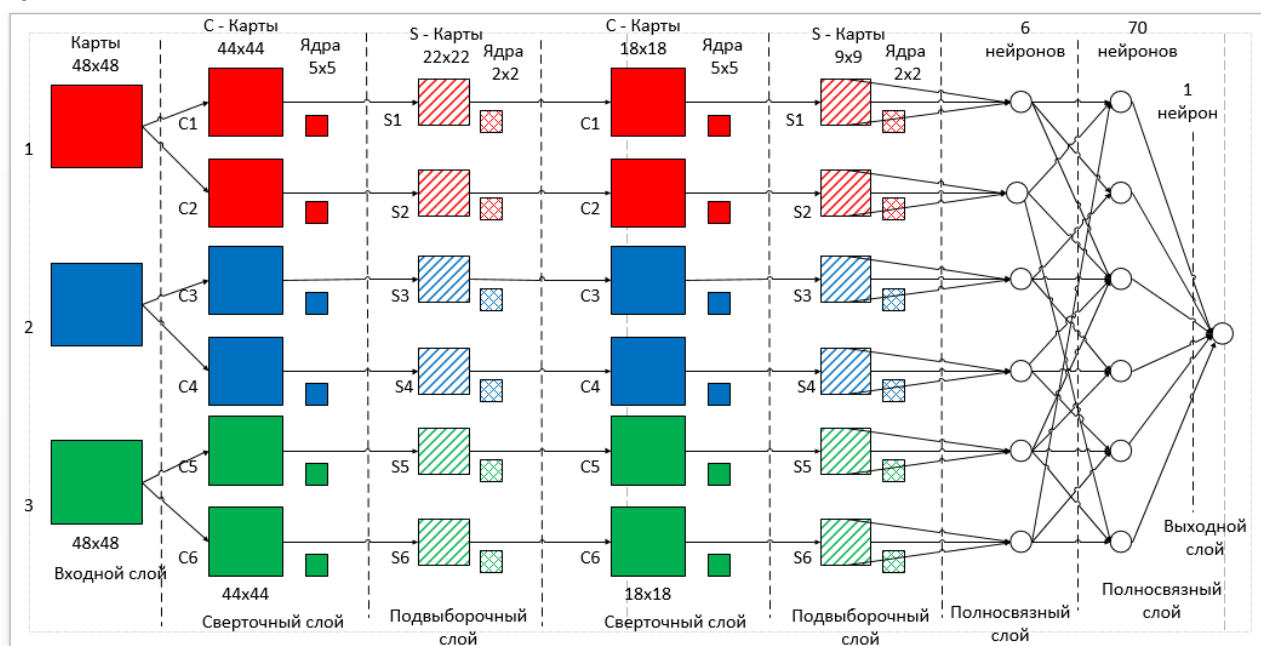


Рис. 2. Архитектура сверточной нейронной сети

Входные данные – цветные изображения типа JPEG. Сверточный слой – набор карт одинакового размера с ядрами-фильтрами, проходящими по всей области предыдущей карты и находящими конкретные признаки объектов. В сверточной сети общие веса позволяют сократить число связей и позволяют находить один и тот же признак по всей области изображения. В подвыборочном слое количество карт совпадает с предыдущим слоем. В каждом последующем слое происходит уменьшение размерности карт предыдущего слоя. Выходной слой связан со всеми нейронами предыдущего слоя. Количество нейронов равняется количеству распознаваемых классов, например, двух – лицо и не лицо. Для уменьшения количества связей и вычислений для бинарного случая используется один нейрон, выход нейрона со значением «-1» означает принадлежность к классу «не лица», соответственно «1» – принадлежность к классу «лиц». Достоинства метода нейронных сетей: точность распознавания высокая и стабильность к различным возможным неблагоприятным особенностям изображений. Недостатки метода нейронных сетей: отсутствие масштабируемости; при внесении нового эталонного лица в базу данных нейронные сети нужно полностью переобучать; этап выбора архитектуры сети сложен в своем представлении (количество нейронов, слоев, характер связей).

Метод главных компонент или principal component analysis (PCA) – статистический метод для уменьшения размерности данных с наименьшим количеством потери информации [3]. Лицо на изображении – вектор малой размерности (главных компонент), который в дальнейшем сравнивается с эта-

лонными векторами, заложенными в базу данных. Общее описание метода главных компонент: изначально весь обучающий набор лиц преобразуется в одну общую матрицу данных (матрица значений яркости), где каждая строка – один экземпляр изображения лица, разложенного в строку. Лица обучающего набора приводятся к одному размеру. Затем данные нормируются и вычисляется матрица ковариации.

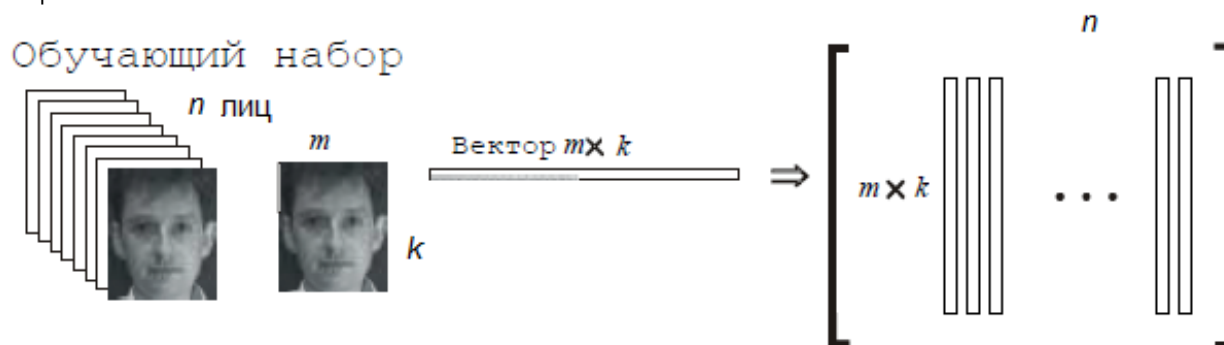


Рис. 3. Преобразования обучающего набора лиц в одну общую матрицу X

Для имеющейся матрицы ковариации определяются собственные значения и соответствующие им собственные вектора (собственные лица). Сортируются собственные вектора в порядке убывания собственных значений. Из отсортированных собственных векторов строится матрица преобразования данных. Построение проекции в новое пространство для каждого из изображений входного набора осуществляется при помощи умножения исходного вектора на матрицу преобразования [4]. Например, исходный вектор x , матрица преобразования A , итог: $p = xA$. Полученные вектора далее используются для распознавания.

Достоинства метода главных компонент: по значениям соответствующих главных компонент можно определить, например, расу или пол человека; хранение и поиск изображений в больших базах данных. Недостатки: высокая чувствительность к изменению освещенности, смене эмоций на лице и повороту головы.

Технологии распознавания лиц применяются в самых разнообразных сферах: общественные объекты и зоны массового скопления людей; правоохранительные органы; службы пограничного и паспортного контроля; охраняемые объекты с пропускным режимом; предприятия общественного питания, сферы развлечений и гостеприимства; смартфоны [5].

В заключение следует отметить, что эффективность распознавания лица напрямую зависит от устойчивости биометрического шаблона к помехам, искажениям в исходном фото или видеоизображении. Для проверки алгоритмов по распознаванию лиц ученые из США разработали программу FERET (face recognition technology). В тестах программы FERET принимали участие алгоритмы, основанные на гибком сравнении на графах и метода главных компонент [6]. Результаты распознавания лиц по этому алгоритму следующие:

- для фронтальных изображений, сделанных в один и тот же день, точность распознавания достигает 95 %;
- для изображений, сделанных разными аппаратами и при разном освещении, точность приближается к 80 %;
- для изображений, сделанных с разницей в год, точность распознавания доходит до 50 %.

Перспективным направлением в развитии биометрии является распознавание поведения и эмоций человека, основанное на алгоритмах нейронных сетей. По данным аналитиков компании Spiceworks биометрическая идентификация и аутентификация сотрудников к 2020 г. будет внедрена в 86 % компаниях в Северной Америке и Европе [7]. Ожидается глобальная смена методов обеспечения информационной безопасности на основе биометрического подхода. Таким образом, развитие и совершенствование алгоритмов биометрической идентификации востребовано международным рынком современных информационных технологий.

Библиографический список

1. Арсентьев Д. А. Метод гибкого сравнения на графах как алгоритм распознавания образов // Вестник московского государственного университета печати им. Ивана Федорова. 2015. № 6. С. 74–75.
2. Сикорский О. С. Обзор сверточных нейронных сетей для задачи классификации изображений. // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. 2017. № 20. С. 37–42.
3. Мокеев В. В., Томилов С. В. О решении задачи распознавания изображений методом главных компонент // Компьютерная оптика. 2014. Т. 38. С. 871–872.
4. Мокеев А. В. О системе распознавания лиц на основе метода главных компонент. URL: <http://dspace.susu.ru> (дата обращения: 02.04.2019).
5. Клипко Е. П. Биометрическая идентификация человека // Научный журнал КубГАУ. 2015. № 109 (05). С. 1–3.
6. Информационно-техническая лаборатория «Face Recognition vendor Test». URL: <http://www.nist.gov/itl/iad/ig/frvt-home.cfm> (дата обращения: 02.04.2019).
7. Биометрическая идентификация. URL: www.tadviser.ru/index.php (дата обращения: 02.04.2019).

УДК 621.38

А. А. Чекменева

студентка кафедры проблемно-ориентированных вычислительных комплексов

В. А. Килимник – кандидат технических наук, старший научный сотрудник – научный руководитель

РАЗРАБОТКА ПОРТАТИВНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЛЕЧЕНИЯ РАН ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ДАВЛЕНИЕМ

Идея развития портативных устройств в медицине направлена на внедрение передовых технологий, обеспечивающих сохранение и улучшение здоровья населения, где все же главный акцент ставится не на лечение, а на профилактику заболеваний [1]. В настоящее время при острых, тяжелых послеоперационных осложнениях, гнойных, ожоговых или хронических раневых образованиях развитие которых заметно отягощает лечение основного заболевания, удлиняет время пребывания больного в стационаре, увеличивает стоимость лечения, нередко служит причиной летальных исходов и негативно сказывается на сроках восстановления трудоспособности оперированных больных и для лечения подобных случаев наряду с медикаментозными широко применяются физиотерапевтические методы лечения [2]. Одним из самых современных является метод вакуум терапии или создание отрицательного давления под повязкой. Данный метод обеспечивает безопасное для пациента проведение вакуумного лечения ран, а также снижение риска осложнений.



Рис. 1. Раневая поверхность до и после вакуумной терапии

На рис. 1 представлены изображения раны до и после двух недельной процедуры данным методом. Положительный эффект метода заставляет задуматься о разработке портативного устройства для реабилитации раневых образований, который в свою очередь обеспечивал максимальную безопасность для пациента. Таким образом, видно, что создание технических средств для реализации методик вакуумных процедур является своевременной и актуальной.

В настоящее время не существует отечественных устройств, реализующих данную методику. На рис. 2 показан внешний вид импортного устройства PICO, разработанного компанией «Smith&Nephew» [3].



Рис. 2. Внешний вид устройства типа PICO

В предлагаемом устройстве, в отличие от импортного, предусмотрен импульсный режим работы, так как при использовании данного режима можно добиться большего реабилитационного эффекта. Для того, чтобы проверить импульсный режим работы использовался макет устройства на основе PICO (рис. 3). Для этого в пневматический трубопровод был введен нормально закрытый клапан, позволяющий, при срабатывании последнего, атмосферному воздуху поступать в воздушную линию устройства.



Рис. 3. Внешний вид доработанного серийного прибора

На рис. 4 графически показаны характеристики давления, создаваемого над повязками. Слева 2 цикла над повязкой небольшой площади, в то время как справа 3 цикла над повязкой среднего размера.

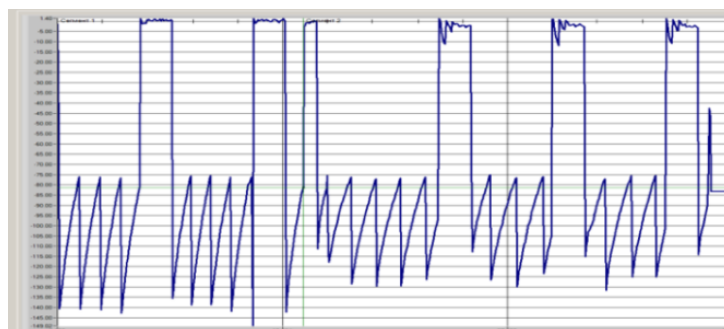


Рис. 4. Графики давления над раной для разных площадей повязок.
Время удержания вакуума – 5 минут, атмосферное давление – 2 минуты

Исходя из рассмотренных выше данных об отрицательном давлении над раной, можно сформулировать основные требования к разрабатываемой системе. Система должна включать устройство, создающее отрицательное давление. Для этого был выбран микро вакуумный медицинский насос, представлен на рис. 5. При выборе компрессора было учтено, что система питается от одной батареи Li-Pol с рабочим напряжением 3,7 В.



Рис. 5. Внешний вид компрессора

Для реализации импульсного режима работы необходим клапан, постоянно закрытый, и открываемый на время необходимое для установления атмосферного давления над раной. На рис. 6 показан внешний вид нормально закрытого клапана.



Рис. 6. Внешний вид клапана

Безусловно необходим датчик давления, измеряющий значение отрицательного давления над раной. Процедура измерения давления в пневматической линии является наиболее частой в работе системы, и поэтому необходимо оптимизировать энергопотребление, поскольку методы восстановления предполагают длительную непрерывную работу системы. Поскольку дифференциальный сигнал от датчика давления составляет 10–15 мВ, он должен усиливаться дифференциальным усилителем. Был выбран инструментальный усилитель типа INA 333 (рис. 7) [4].



Рис. 7. Датчик давления и инструментальный усилитель

Необходим модуль управления, включающий в себя микроконтроллер, с помощью которого происходит реализация алгоритмов управления периферийными устройствами системы. В данном случае используется микроконтроллер типа ATmega328P, размещенный на печатной плате модуля ArduinoNano (рис. 8).



Рис. 8. Модуль ArduinoNano

Для обеспечения интерфейса пользователя используется индикация с помощью светодиодов: нормального режима работы, разгерметизации пневмосистемы и индикация уровня заряда аккумулятора. Это обеспечивает информацию о текущем состоянии работающего устройства. Для включения/выключения используется орган управления в виде кнопки. Она служит для переключения режимов работы данного устройства.

Учитывая портативность носимого устройства, особое требование предъявляется к источнику питания. Он должен допускать большое количество зарядов и разрядов. Таким требованиям удовлетворяют Li-Pol аккумуляторы, в настоящее время наиболее распространенной маркой является аккумуляторы типа 18650. Они обладают достаточной емкостью 2–2,2 Ач и имеют рабочее напряжение 3,7 В.

На рис. 5 представлена функциональная схема разрабатываемого устройства для реализации методик вакуум терапии.

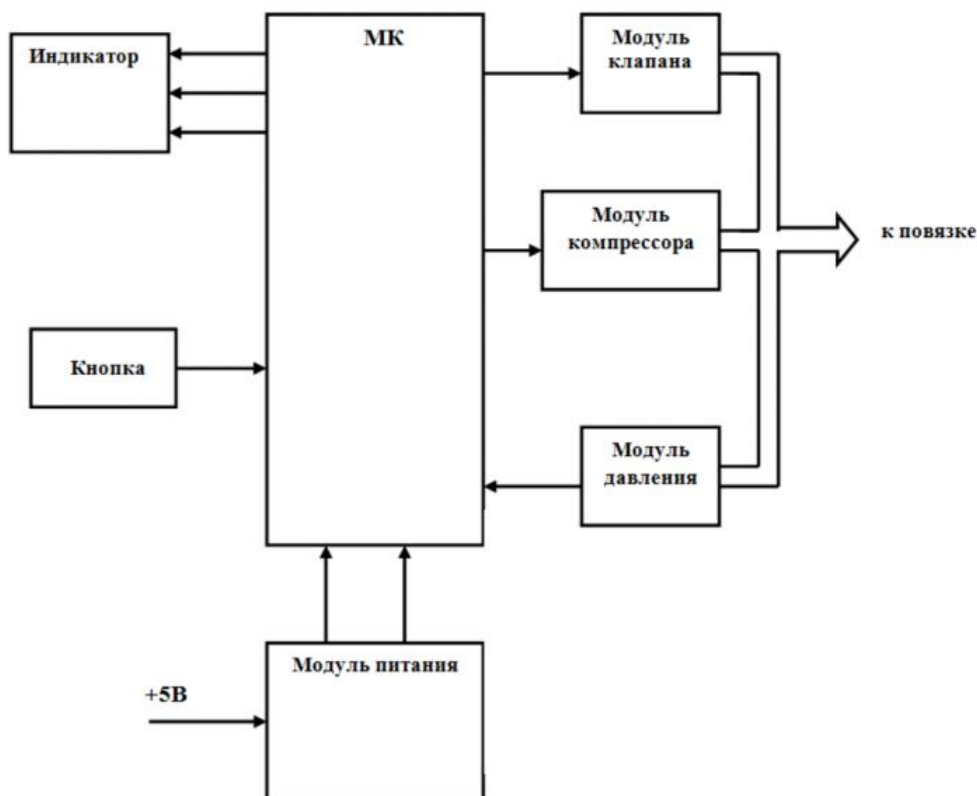


Рис. 9. Функциональная схема разрабатываемого устройства

Таким образом, можно сказать, что лечение ран с применением вакуум терапии позволяет в минимальные сроки остановить воспалительный процесс, ускорить процесс заживления ран, сократить сроки интенсивного лечения и затраты на лечение.

Библиографический список

1. Старовойтова В. А., Тараник М. А., Копаница Г. Д. Исследование современных медицинских портативных устройств URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-sovremennyh-meditsinskih-portativnyh-ustroystv> (дата обращения: 02.04.2019).
2. Часнойть А. Ч., Жилинский Е. В. Механизмы действия вакуумной терапии ран URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mehanizmy-deystviya-vakuumnoy-terapii-ran> (дата обращения: 05.04.2019).
3. URL: <http://www.smith-nephew.com> (дата обращения: 05.04.2019).
4. URL: <http://ti.com/lit/ds/symlink/ina333.pdf> (дата обращения: 05.04.2019).

УДК 615.47

А. А. Чекменева

студентка кафедры проблемно-ориентированных вычислительных комплексов

В. А. Климник – кандидат технических наук, старший научный сотрудник – научный руководитель

ГЕНЕРАТОР КАЛИБРОВОЧНОЙ СМЕСИ ВОДОРОДА

В настоящее время водород рассматривается как один из перспективных элементов энергетики будущего. Всем хорош водород в качестве энергоносителя, если бы не четыре проблемы: производство, хранение, транспортировка и безопасное применение. Научные институты и корпорации бьются над ними уже почти полвека. Ключик к водородному источнику энергии, которая когда-нибудь покроет все энергопотребности человечества, подбирают химики, физики, нанотехнологи, биологи и даже генные инженеры. И в США, и в Европе, и в России водородная энергетика объявлена приоритетным направлением исследований. Успехи пока скромны, но кое-что предъявить уже можно [1]. Но уже сейчас требуются смеси водорода с воздухом в ничтожно малом, по сравнению с потребностями энергетики, количестве.

При разработке новых диагностических приборов необходимо иметь смесь чистого водорода с обычным воздухом. Примером такого инновационного прибора является «ЛактофаН2» [2] производства ООО «Ассоциация Медицины и Аналитики». Концентрация водорода для калибровки этого прибора должна составлять от 10 до 100 ppm, то есть от 10^{-5} до 10^{-4} от общего объема калибровочной смеси. При стандартном объеме калибровочного шприца в 20 см³ потребный объем водорода составит от 0,2 до 2 мм³.

Немецкая компания VARTA выпускает инновационные водородные ячейки типа 1/V 150 H2 MF. По их имени тестирование и калибровка детекторов газа, датчиков водорода, устройства обнаружения утечек или датчики водорода должны регулярно проверяться и калиброваться. Для таких стационарных или ручных устройств необходим безопасный, простой в обращении и портативный источник водорода [3].

В данной статье будет описана разработка макета калибратора смеси водорода. Функциональная схема описываемого устройства приведена на рис. 1. На рис. 2 представлены внешний вид устройства и батарейка, выделяющая водород.

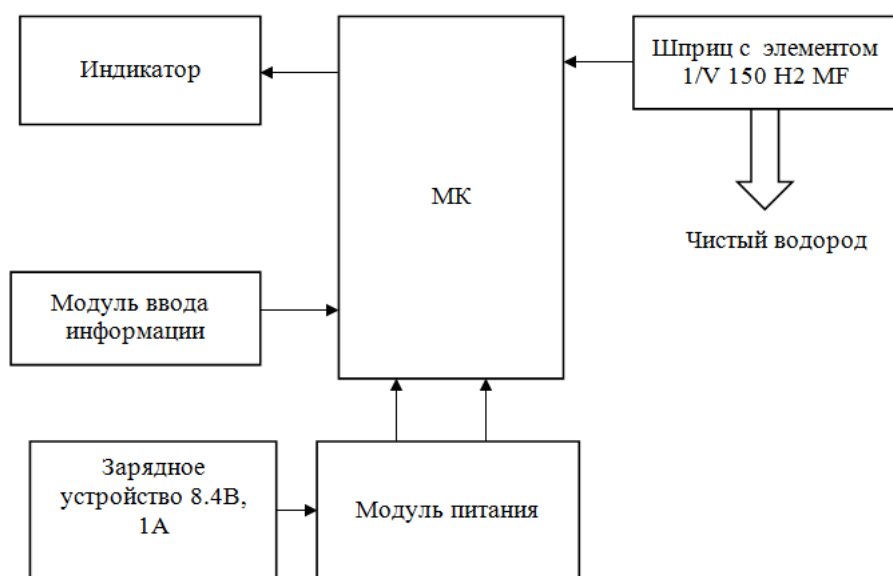


Рис. 1. Функциональная схема



Рис. 2. Внешний вид устройства

Принцип работы данного устройства заключается в следующем. Водородная ячейка размещается в калибровочном шприце объемом 20 см³ (рис. 3).



Рис. 3. Калибровочный шприц

При подключении к ней нагрузочного резистора величиной 100 Ом начинает выделяться чистый водород. Считая, что комнатная температура равна 21 °С, по графику на рис. 4 можно определить, какое время необходимо для генерации необходимого объема водорода. В качестве источника чистого водорода, служит VARTA 1 /V 150 H2 MF.

Typical **accumulated** amount of Hydrogen H₂ Output versus temperature versus time (h) with load 100 Ohm

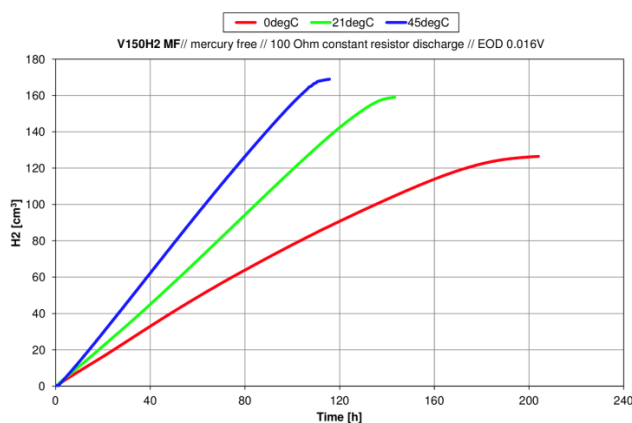


Рис. 4. Графики зависимости генерируемого объема водорода от времени подключения нагрузки 100 Ом

Таким образом, для получения требуемых временных интервалов, необходимо знать требуемые объемы чистого водорода для получения концентраций 5, 20, 50 и 100 ppm калибровочной смеси водорода в воздухе. После несложного расчета получаем искомые величины. Сначала получаем требуемые объемы, а затем определяем временные интервалы. Эти величины приведены в таблице.

Результат вычислений

| Концентрация, ppm | Требуемый объем, мм ³ | Требуемое время, с |
|-------------------|----------------------------------|--------------------|
| 5 | 0,1 | 0,67 |
| 20 | 0,4 | 2,67 |
| 50 | 1,0 | 6,67 |
| 100 | 2,0 | 13,3 |

Для реализации алгоритма работы данного устройства были выбран микроконтроллер типа ATmega328P, размещенный на печатной плате модуля ArduinoNano. Для работы оператора необходимо иметь информацию о выбранной концентрации водорода и времени подключения нагрузки к источнику водорода. Это обеспечивается ОПЕД индикатором типа WEN001602CW. Для запуска работы служит кнопка с подсветом синего цвета. Для выбора концентрации водорода и корректировки времени подключения нагрузки служит энкодер, ручка управления которого находится в правом верхнем углу передней панели макета калибратора (рис. 2).

Работа с калибратором происходит следующим образом. После включения прибора, что обеспечивается подключением разъема на передней панели, на индикаторе на верхней строке индицируется последняя выбранная концентрация водорода в ppm. На нижней строке индицируется расчетное время подключения нагрузки к источнику чистого водорода. При необходимости корректировки данных на индикаторе нажимается ручка энкодера. Слева на индикаторе появляется символ #. Вращая ручку энкодера, выбираем требуемую концентрацию водорода 5, 20, 50 или 100 ppm. При следующем нажатии на ручку энкодера символ # на верхней строчке гаснет и индицируется выбранная концентрация. При следующем нажатии на ручку энкодера символ # появляется на нижней строке, и мы можем, с помощью вращения ручки корректировать время подключения нагрузки к источнику водорода. Следующее нажатие на ручку фиксирует выбранное значение времени. Эти данные запоминаются в энергонезависимой памяти микроконтроллера и, при следующем включении прибора, служат указателями режима работы калибратора.

Данное устройство находит применение в настоящее время, например, для калибровки приборов, который связан с диагностикой заболеваний. Дальнейшее исследование будут направлены на улучшение метрологических характеристик разрабатываемого устройства и его эксплуатационных характеристик.

Библиографический список

1. Золотов Е. А. Укрощение водорода URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ukroschenie-vodoroda> (дата обращения: 02.04.2019).
2. URL: <http://www.amamed.ru/index.php?i=34> (дата обращения: 05.04.2019).
3. URL: https://products.vartamicrobattery.com/applications/mb_data/documents/application_note/Application_Note_Gas_Detection_en.pdf (дата обращения: 02.04.2019).

УДК 621.38

А. А. Чекменева

студентка кафедры проблемно-ориентированных вычислительных комплексов

В. А. Килимник – кандидат технических наук, старший научный сотрудник – научный руководитель**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ СВЕТОДИОДА**

Лабораторные работы являются одним из активных методов обучения бакалавров. Метод лабораторных работ применяется для проведения студентами опытов, экспериментов в условиях специальных лабораторий, кабинетов с применением технических средств. Метод лабораторных работ используется для прочного усвоения теоретических знаний, приобретения умений и навыков, обеспечивает прямое включение учащихся в процессы «добывания» знаний, ранее полученных наукой [1].

Целью работы является создание лабораторной установки по исследованию зависимости яркости свечения светодиода от величины протекающего через него тока и изучить диаграмму распределения яркости свечения в горизонтальной плоскости.

Для начала разрабатываем структурную схему лабораторной установки. Структурная схема определяет основные функциональные части изделия, их назначения и взаимосвязь между ними. Таким образом, схема отображает принцип действия изделия в самом общем виде.

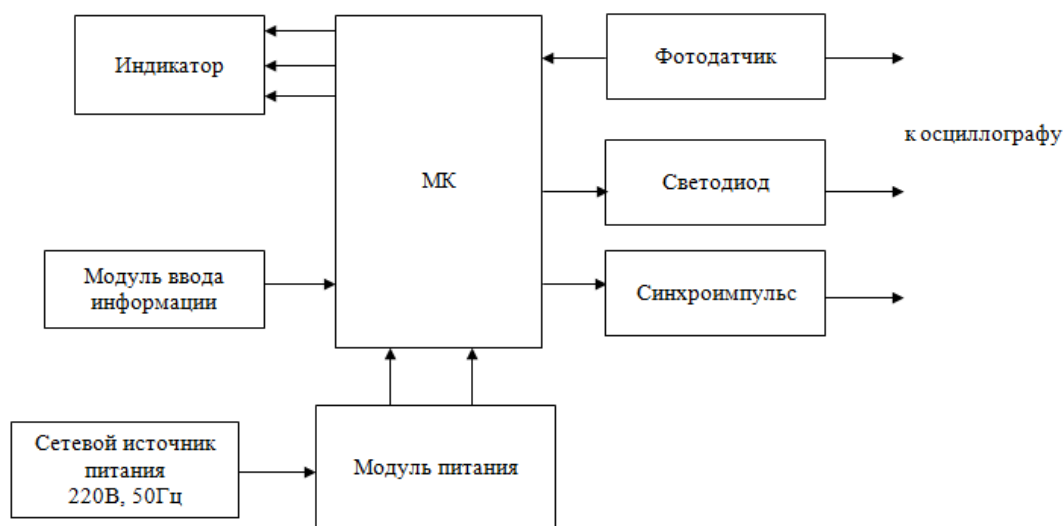


Рис. 1. Структурная схема

На рис. 1 приведена структурная схема лабораторной установки, которая дает наглядное представление о составе изделия, так же последовательности взаимодействия функциональных частей в изделии. В виде прямоугольников изображены функциональные части. Таким образом, для реализации лабораторной установки необходимы: источник питания, микроконтроллер, преобразователь ШИМ в напряжение, преобразователь напряжения в ток через светодиод, излучающий светодиод, фотодатчик для ввода информации о яркости свечения светодиода. Для ввода информации от исследователя и вывода ему информации необходимы соответствующие модули. Как известно, ни одно электронное устройство нельзя представить без источника питания, так как оно теряет всякий смысл и назначение. Активное развитие современных технологий привело к тому, что было разработано большое количество источников питания. Главным критерием является не только желание снизить потребляемую мощность устройством, но и разумный выбор. Для лабораторной установки, так как она будет находиться в лаборатории, целесообразно выбрать сетевой источник питания. Внешний вид сетевого источника питания приведена на рис. 2.



Рис. 2. Источник питания

Он собран по типовой схеме сетевого трансформаторного блока питания. Первичная обмотка трансформатора подключена к сети 220В, 50 Гц через сетевой выключатель. К двум вторичным обмоткам на 12 В подключены мостовые выпрямители, к выходам которых включены электролитические конденсаторы фильтров питания. На конденсаторах формируется пиковое значение действующего напряжения со вторичных обмоток. Затем через стабилизаторы напряжения, собранные на микросхемах типа 7809 и 7909 соответственно, формируются напряжения на ± 9 В. Конденсаторы на выходах стабилизаторов предотвращают пульсации напряжения после подключения нагрузки. В качестве радиаторов для микросхем стабилизаторов служит медная фольга на верхней поверхности монтажной платы установки. Следует отметить, что напряжение изоляции между первичной и вторичной обмотками составляет 4000 В.

В качестве устройства, реализующего алгоритм работы лабораторной установки, используется микроконтроллер типа ATmega328P, размещенный на печатной плате модуля ArduinoUNO. Это позволило отказаться от изготовления печатной платы и ускорить написание программы для микроконтроллера, который реализует алгоритм работы установки на варианте языка программирования C++.

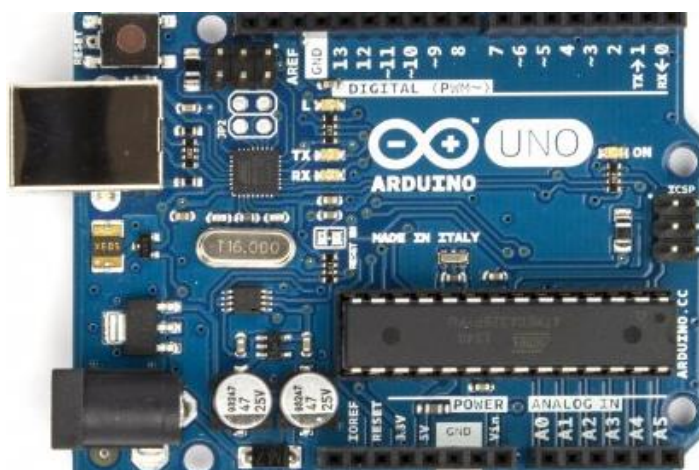


Рис. 2. Микроконтроллер реализующий алгоритм

Поскольку в микроконтроллере отсутствует цифро-аналоговый преобразователь, то в качестве последнего используем комбинацию широтно-импульсного модулированного сигнала (ШИМ) и фильтра низкой частоты (ФНЧ). Это позволяет получить на выходе ФНЧ напряжение в пределах от 0 до 5В при значениях ШИМ от 0 до 100 %. Через повторитель напряжения на операционном усилителе (ОУ)

напряжение с выхода ФНЧ подается на вход делителя напряжения на R1 и R2. Последний представляет собой переменный многооборотный потенциометр на 10к Ом, позволяющий точно выставить коэффициент преобразования напряжения ФНЧ в ток, протекающий через светодиод. Преобразователь напряжения в ток выполнен на ОУ и транзисторе. В эмиттерную цепь транзистора включен датчик тока на резисторе в 10 Ом, сигнал с которого подается на инвертирующий вход ОУ. На неинвертирующий вход ОУ подается сигнал с движка потенциометра R2. Поскольку максимальный ток через светодиод задан величиной 50 мА, то максимальное напряжение на неинвертирующем входе ОУ будет равно 0,5 В. Таким образом, добиваемся изменение тока через светодиод от 0 до 50 мА при изменении напряжения на выходе потенциометра от 0 до 0,5 В. Заметим, что при изменении ШИМ от 0 до 100 % напряжение на выходе ФНЧ (и напряжение на выходе ОУ) будет меняться от 0 до 5 В.

Для построения исследователем зависимости яркости свечения светодиода (выходного напряжения фотодатчика яркости) от величины тока, протекающего через светодиод, на входы АЦП за номером 2 и 3 подаются напряжения, пропорциональные току через светодиод и выходному напряжению фотодатчика яркости типа OPT301 соответственно. Для ввода информации используется кнопка и тумблер, для вывода – индикатор. Тумблер используется для указания режима работы установки – автоматический или ручной. В автоматическом режиме работы (тумблер находится в положении А) на светодиод подается ток, автоматически через 800 мс, ступеньками через 5 мА и одновременно регистрируется выходное напряжение от фотодатчика яркости свечения светодиода. В начале цикла формируется синхроимпульс положительной полярности для запуска развертки двухканального запоминающего осциллографа типа АСК-2034. После прохода всех 10 ступенек тока (от 0 до 50 мА) на экране мы увидим ступеньки тока и напряжения, показывающие их взаимосвязь. Из осциллограмм видно (рис. 4), что выходное напряжение фотодатчика яркости светодиода почти линейно зависит от величины протекающего через светодиод тока.

Эта зависимость позволит сделать вывод о возможности работы светодиодных индикаторов в мультиплексном режиме при кажущейся постоянной яркости свечения знакоместа при увеличении их числа за счет увеличения импульсного тока через элементы каждого индикатора.

В ручном режиме работы (тумблер находится в положении Р) переключение на следующую величину тока, протекающую через светодиод, происходит после нажатия и отпускания кнопки. Одновременно на индикаторе выводятся значения тока через светодиод и напряжение на выходе фотодатчика яркости. Записывая данные значения в поля таблицы строим зависимость выходного напряжения фотодатчика яркости от величины тока через светодиод. Полученный график прикладывается в отчет по работе.

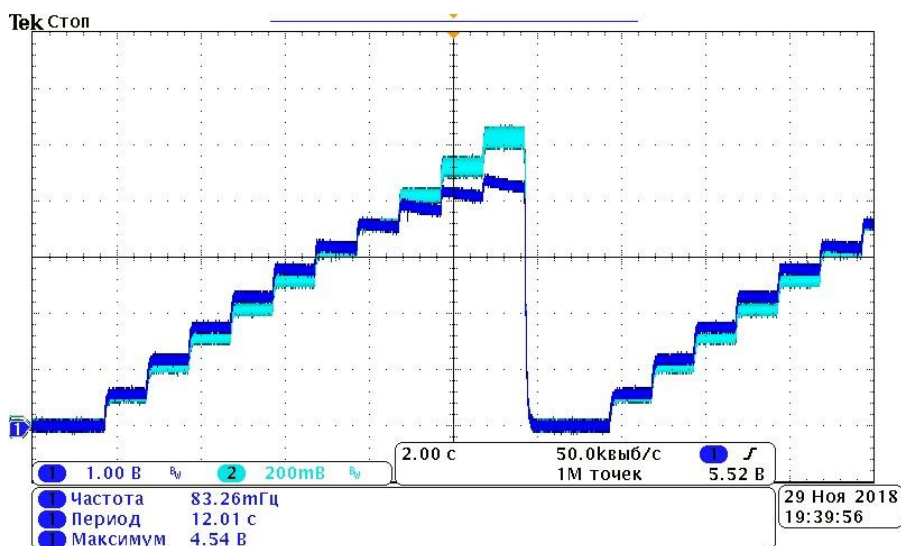


Рис. 4. Зависимость яркости светодиода от величины протекающего тока

В качестве индикатора, для выдачи данных исследователю, применяется ОЛЭД индикатор на две строки по 16 знакомест в каждой строке, типа WEN001602С. Обладающий хорошей контрастностью, белым цветом свечения пикселей, и малым энергопотреблением он отлично подходит для рабо-

ты совместно с выбранным микроконтроллером. Для обеспечения работы с ним требуется всего 6 информационных линий и 2 линии питания. Он полностью обеспечивает исследователя информацией о режиме работы установки и получаемых данных от датчиков.

В качестве фотодатчика яркости свечения светодиода используется широкополосный датчик, состоящий из фотодиода о ОУ, собранный в корпусе с кварцевым окном типа OPT301. Спектральный диапазон фотодатчика простирается от 200 до 1100 нм, что позволяет использовать его для исследования светодиодов от диапазона ультрафиолетового до инфракрасного.

Таким образом, данная лабораторная установка позволит исследовать зависимость яркости свечения светодиода от величины протекающего через него тока. Полное описание принципиальной схемы лабораторной работы будет приведено в методических указаниях.

Библиографический список

1. Буланова-Топоркова М. В. Педагогика и психология высшей школы: учеб. пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. 544 с.
2. URL: <https://market.yandex.ru/catalog--uglomery-i-uklonomery> (дата обращения: 05.04.2019).
3. URL: <https://www.rmnt.ru/pub2/UA/bu>.
4. Климов М. А. Приборы с зарядовой связью как средства измерений URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pribory-s-zaryadovoy-svyazyu-kak-sredstva-izmereniy> (дата обращения: 12.04.2019).
5. Евсегнеев О. А. Фоточувствительная линейка TSL1401 URL: <http://robotclass.ru/articles/line-sensor-tsl1401> (дата обращения: 12.04.2019).

УДК 004.051

А. И. Черникова

магистрант кафедры проблемно-ориентированных вычислительных комплексов

В. С. Павлов – доктор технических наук, профессор – научный руководитель

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБРАБОТКИ ВЕБ-ГРАФИКИ В КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ

Визуализация цифровой информации чрезвычайно важна для выполнения сложных задач анализа данных. С помощью визуализации можно выявить скрытые факты о данных, такие как шаблоны, выбросы и тенденции.

Стандарты WWW (веб) предполагают, что любой пользователь, использующий веб-браузер, может визуализировать данные независимо от операционной системы или типа вычислительного устройства. Последние разработки в области технологий веб-браузеров позволили создавать интерактивные веб-визуализации для наиболее широкой аудитории пользователей.

На сегодняшний день известны два метода графической обработки массивов данных:

а) сервер синтезирует растровое изображение на основе массивов данных и передает его клиенту;

б) сервер направляет клиенту только сами данные, причем асинхронно или частично, а их векторная графическая интерпретация осуществляется в веб-браузере.

Интерес для исследования представляет сравнение двух этих методов с точки зрения вычислительных и сетевых затрат, что рассмотрим более подробно.

Первый метод предполагает полную генерацию графики на стороне сервера и последующую ее передачу на сторону клиента в виде готового изображения в одном из общеизвестных растровых форматов (рис. 1).

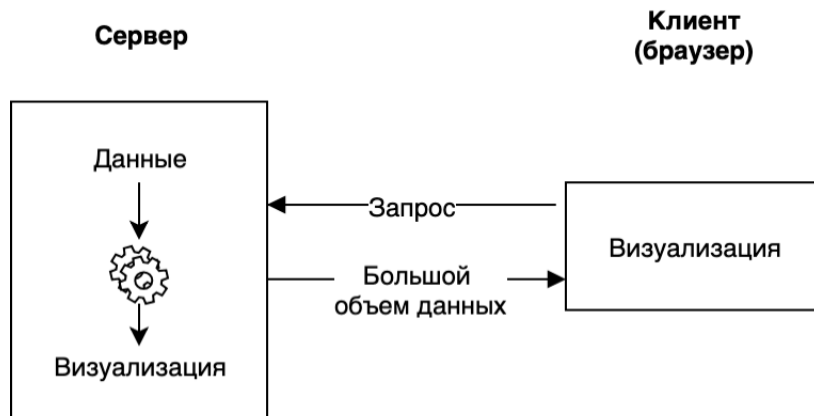


Рис. 1. Процесс генерации графика на стороне сервера

Укажем преимущества и недостатки первого метода.

Преимущества:

- снижение нагрузки на вычислительное устройство клиента, что повышает скорость отображения графики (особенно заметно на вычислительных устройствах с низкой производительностью);
- исключение рисков неверного отображения графики на различных вычислительных устройствах, в том числе и устаревших;
- отображение графики на устройствах с выключенным JavaScript.

Недостатки:

- повышенная нагрузка на сервер (наращивание вычислительной мощности которого всегда ограничивается значительным увеличением его стоимости), поэтому в моменты скачкообразного роста запросов возможны значительные задержки откликов;

– повышенная нагрузка на интернет-подключение со стороны клиента и сервера, которая вызывает необходимость резервировать большой интернет-канал на случай пикового роста запросов к серверу и приводит к повышенному расходу трафика для клиента, что особенно критично для мобильных интернет-подключений;

– необходимость выделять дополнительное количество оперативной памяти и дискового пространства для временного хранения синтезированных изображений на сервере.

Во втором методе (рис. 2) процесс генерации веб-графики происходит на стороне клиента с использованием объекта Canvas (JavaScript) или словаря SVG (XML), что часто дополняется подключением внешних библиотек.

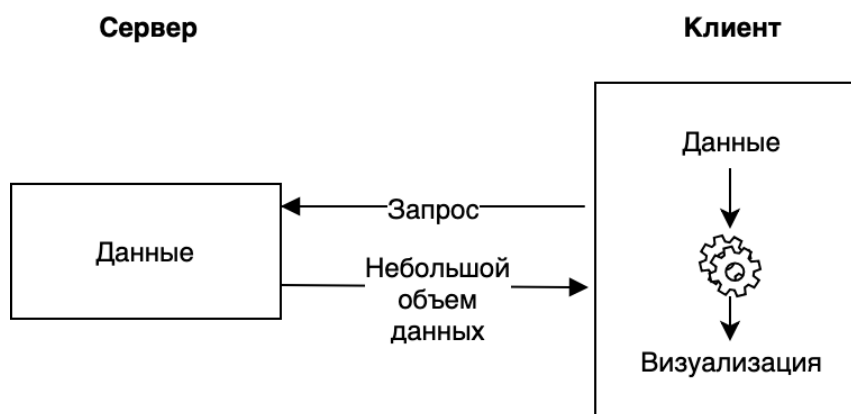


Рис. 2. Процесс генерации графика на стороне клиента

Рассмотрим преимущества и недостатки второго метода.

Преимущества:

- разгрузка ресурсов сервера, так как передается только часть данных, на основе которых строятся графики на стороне клиента;
- значительное снижение трафика интернет-подключения;
- возможность создания динамической графики, которая обновляется в режиме реального времени, причем это обновление может происходить и без обращения к серверу в случае предварительной загрузки всех необходимых данных, тогда как недостающие данные могут подгружаться частично и асинхронно (без необходимости перезагрузки всей веб-страницы).

Недостатки:

- при первоначальной загрузке веб-страницы изображения не будут отображены до полной загрузки программного кода JavaScript;
- необходимость загрузки дополнительных библиотек (в большинстве случаев);
- возможно неверное отображение графиков в отдельных веб-браузерах, особенно устаревших.

В результате проведенного исследования можно сделать вывод о том, что преимущества метода генерации графиков в браузере значительно существеннее, чем его недостатки. Этот метод следует архитектурному стилю REST/Ajax [1] и позволяет создавать динамические интерактивные сайты и веб-приложения.

Библиографический список

1. Ajax и REST. Ч. 1. URL: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/wa-ajaxarch/index.html> (дата обращения: 21.04.2019).

УДК 004.056.55

А. А. Шабалин

студент кафедры проблемно-ориентированных вычислительных комплексов

М. С. Иванова – ассистент – научный руководитель

ВОЗМОЖНОСТИ КОНТРОЛЯ И ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН

Структура данных блокчейна представляет собой упорядоченный список блоков, связанных в обратном порядке, неизменно ведущую обратно к блоку, который был создан самым первым, называемому первичным блоком. Каждый блок в списке ссылается на предыдущий, называемый родительским, через поле хеш-значения предыдущего блока в заголовке текущего. Блок в структуре данных блокчейна идентифицируется по хеш-коду, сгенерированному с использованием алгоритма криптографического хеширования [1]. Идеальной криптографической хеш-функцией называется всякая хеш-функция, удовлетворяющая ряду требований:

- при одинаковых входных данных результат выполнения хеш-функции будет идентичным,
- высокая скорость вычисления значения хеш-функции,
- невозможность сгенерировать сообщение из его хеш-кода,
- наличие лавинного эффекта,
- невозможность найти два разных сообщения с одинаковыми хеш-кодом.

Блокчейн является актуальной технологией, широко применяемой в финансовой сфере, при регистрации данных, для хранения данных.

К плюсам блокчейна можно отнести: отсутствие единого центра хранения информации, неизменность, открытость и прозрачность данных с защитой личной информации. Минусы: высокая потребность в ресурсах реализованных систем, высокий уровень вхождения используется, как источник дезинформации, спекуляции.

Постановка задачи

В результате исследования будут решены следующие задачи.

1. Сравнить алгоритмы хеширования по скорости обработки информации, требуемой оперативной памяти, времени получения хеш-кода.
2. Базируясь на полученных результатах и требованиях к криптографической хеш-функции, выбрать алгоритм хеширования для реализации блокчейна.
3. Реализовать блокчейн с базовым набором функций.

Описание исследования

Объектом исследования данной работы выступают популярные алгоритмы хеширования, взятые из библиотеки `hashlib – secure hashes and message digests`, широко используемые при написании кода для решения прикладных задач [2].

Все расчеты проводились на процессоре Intel(R) Core(TM) i5-7300HQ CPU 2.50GHz. Оперативная память RAMAXEL DDR4 SO-DIMM 2400MHz, 8GB. SSD Samsung 970 EVO 250GB. В качестве операционной системы для тестовой установки используется Windows 10 в минимальной конфигурации системы, что позволяет снизить влияние прочих процессов на результаты тестов.

Для сравнения параметров алгоритмов хеширования была написана программа на языке программирования Python 3.7, позволяющая проводить тесты: скорости обработки информации, требуемой оперативной памяти, времени получения хеш-кода. Для удаления сильно отклоняющихся от центра распределения величин использовался метод «усеченное среднее», данное решение позволяет более точно оценить выборку без влияния аномальных значений. Всего было проведено 10^4 тестов, результаты представлены в следующем разделе.

Результаты исследования

На рис. 1 приведены графики, отражающие отношение времени поиска хеш-кода в секундах к размеру обрабатываемого файла. Данный тест позволяет определить скорость обработки данных и сравнить время, затраченное для получения результатов выполнения алгоритмов хеширования.

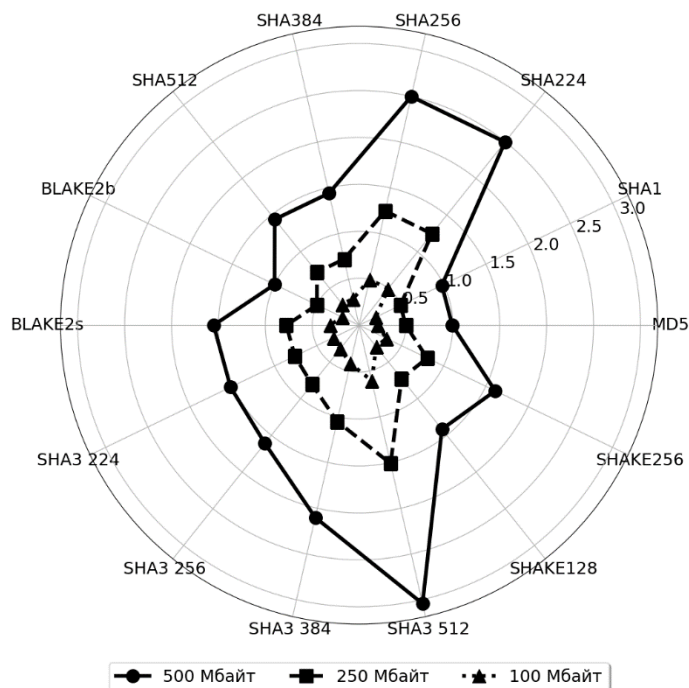


Рис. 1. Время выполнения алгоритмов хеширования

На рис. 2 представлены графики, отражающие зависимость выделенной оперативной памяти к размеру обрабатываемого файла для исследуемых алгоритмов хеширования.

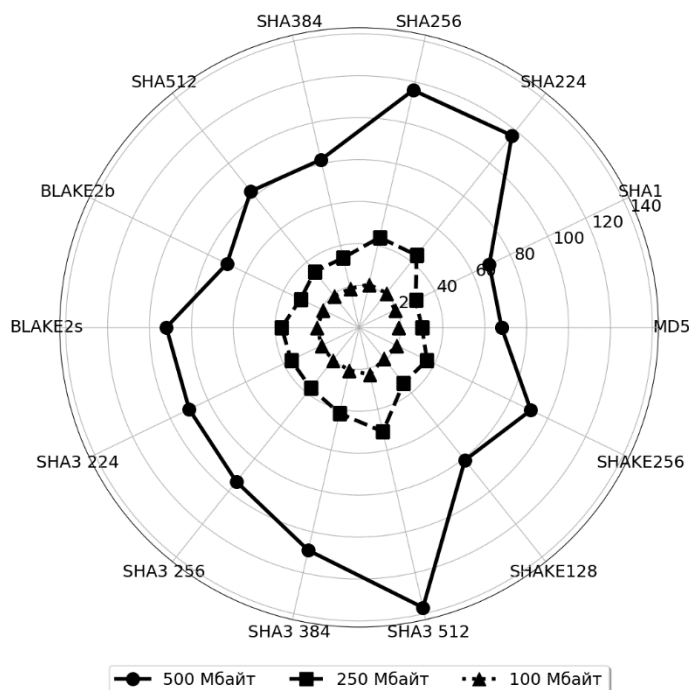


Рис. 2. Выделенная оперативная память на выполнение алгоритмов хеширования

На графиках, приведенных на рис. 3, отражена скорости обработки информации для двух файлов сильно отличающихся размеров. Скорость обработки информации отличается незначительно, сле-

довательно, можно усреднить результаты тестов, за исключением теста на размер выделенной оперативной памяти.

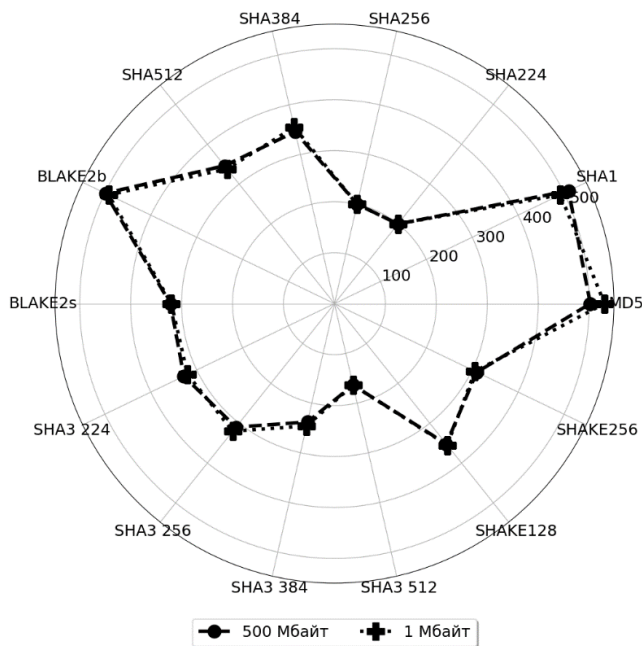


Рис. 3. Производительности алгоритмов хеширования

На гистограммах, изображенных на рис. 4, отражены усредненные результаты проведенных тестов для оценки скорости обработки информации и времени выполнения алгоритмов хеширования.

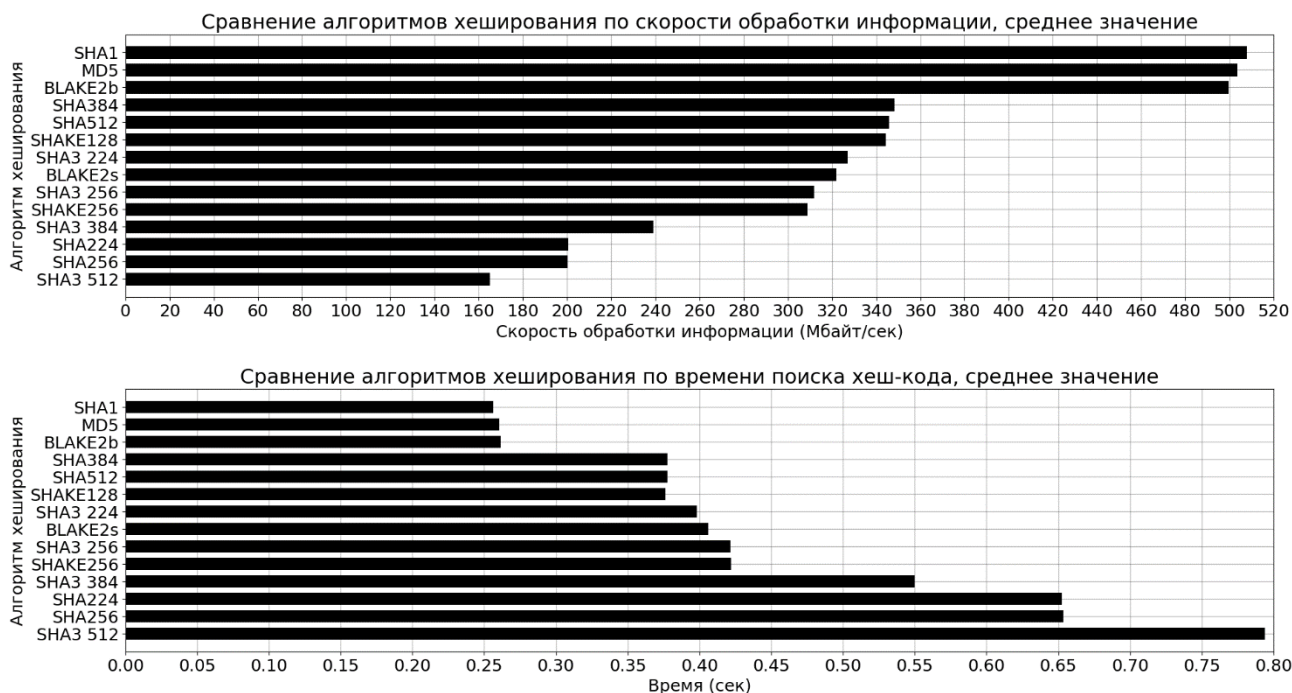


Рис. 4. Усредненные результаты тестов алгоритмов хеширования

Реализация блокчейна

Для реализации блокчейна был выбран язык программирования Python. Выбор в пользу Python был сделан за его кроссплатформенность, высокую скорость разработки, большое количества специализированных библиотек, широкую информационную поддержку. Для реализации взаимодействия с блокчейном в качестве API используется фреймворк Flask, позволяющий обращаться к блокчейну за

счет веб-соединения с помощью HTTP-запросов. Для взаимодействия с блокчейном было выбрано приложение Postman – HTTP-клиент для тестирования веб-сайтов, за его простоту и скорость [3].

Функционирующий блокчейн способен обрабатывать HTTP-запросы, представленные ниже в табл. 1.

Таблица 1

HTTP-запросы

| Тип запроса | Текст запроса | Описание |
|-------------|---|-------------------------|
| POST | http://localhost: 5000/transactions/new | Добавление новой записи |
| GET | http://localhost: 5000/mine | Создание нового блока |
| GET | http://localhost: 5000/chain | Обзор всех блоков |
| POST | http://localhost: 5000/nodes/register | Добавление нового узла |
| GET | http://localhost: 5000/nodes/resolve | Алгоритм консенсуса |

Перспектива развития

В реализованный блокчейн будет внедрен алгоритм представления хранимой информации в виде дерева Меркла, в узлах которого хранятся хеш-коды (рис. 4). Это облегчит поиск и проверку интересующей информации, т. к. отпадает потребность обрабатывать весь массив данных, что позволяет сконцентрироваться на его части. В итоге ожидается повышение производительности при работе с большим объемом данных и повышение надежности хранения данных.

Для упрощения взаимодействия конечного пользователя с блокчейном будет разработан интуитивно-понятный интерфейс. Это позволит пользоваться данным продуктом без специальной подготовки и более качественно воспринимать хранимую в нем информацию.

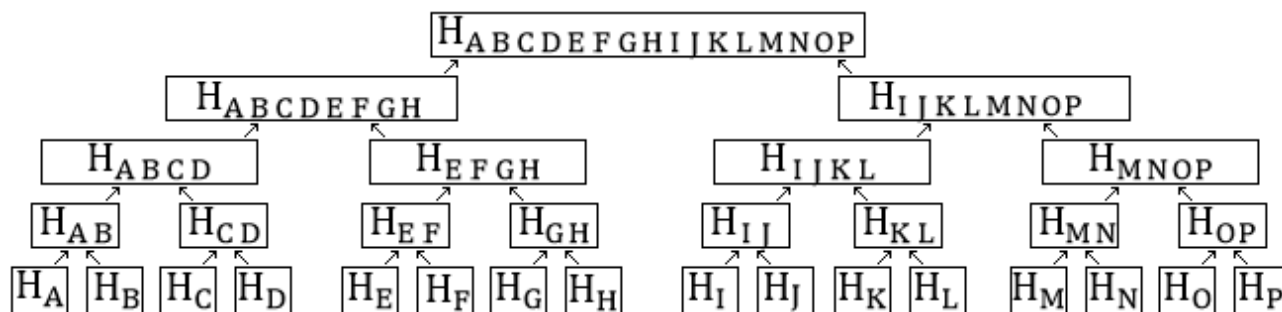


Рис. 4. Дерево Меркла

Выводы

В ходе исследования были получены следующие результаты.

1. Основываясь на полученных результатах и требованиях криптографической хеш-функции был выбран алгоритм хеширования Blake2b как самый производительный и отвечающий требованиям безопасности.
2. Реализован блокчейн с использованием алгоритма хеширования Blake2b для шифрования хранимой информации.
3. Для взаимодействия с блокчейном в качестве API была реализована возможность общения по средствам HTTP-запросов, формируемых HTTP-клиентом Postman.

Библиографический список

1. Антонопулос А. М. Осваиваем биткойн. Программирование блокчейн; пер. с англ. М.: ДМК Пресс, 2018. 428 с.
2. Hashlib – Secure hashes and message digests. URL: <https://docs.python.org/3/library/hashlib.html>. (дата обращения: 19.02.2019).
3. Flask official website. URL: <http://flask.pocoo.org> (дата обращения: 15.03.2019).

УДК 004.043

А. А. Шемякин

студент кафедры проблемно-ориентированных вычислительных комплексов

Е. А. Бакин – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель**ВОЗМОЖНОСТИ ЯЗЫКА R ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ**

Как правило, стандартные выгрузки данных из медицинской информационной системы (МИС) представляются в табличном виде, в которой строки соответствуют пациентам, а каждый столбец отвечает за свой демографический или лабораторный показатель. На рис. 1 приведен пример подобной таблицы, выгруженной из МИС QMS.

| X_1 | blood1 | blood2 | blood3 | date_1 | date_2 | pills1 | pills2 | pills3 | status |
|-----|----------|----------|----------|------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 3.650348 | 3.988713 | 6.926151 | 2002-07-13 | 2004-05-08 13:45:21 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 5.090623 | 5.045158 | 6.116383 | 2013-12-23 | 2017-12-28 00:00:00 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 2 | 4.015695 | 5.121628 | 5.518129 | 2015-12-06 | 2016-06-20 19:32:09 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 3.914246 | 4.407364 | 6.011743 | 2006-08-06 | 2007-08-21 18:39:44 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 4 | 5.735261 | 6.579523 | 5.646407 | 2001-07-24 | 2007-08-06 07:35:14 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 5 | 5.469811 | 5.664180 | 5.011035 | 2008-12-05 | 2013-06-16 15:48:54 | 0 | 1 | 0 | 1 |

Рис. 1. Пример исходной таблицы с данными

В этой таблице:

- 1) X_1 – порядковый номер записи;
- 2) Blood1, blood2, blood3 – три различных показателя в анализе крови;
- 3) Date_1 – дата операции;
- 4) Date_2 – дата последнего контакта;
- 5) Pills1, pills2, pills3 – три различных лекарства, которые принимал или не принимал пациент;
- 6) Status – пациент жив/умер на момент последнего контакта.

Такое представление данных не всегда удобно для восприятия, поэтому важное значение играют различные методы визуализации многомерных данных. Наиболее полно такие методы представлены в среде R, включающей большое количество пакетов-расширений. Далее рассмотрим несколько способов визуализации данных на примере таблицы из рис. 1, полученных при помощи R.

Первым и самым простым способом является построение гистограммы. На рис. 2 продемонстрирована гистограмма со сглаживанием распределения показателя крови «blood1». Пунктирной линией на этом графике обозначено среднее значение.

Часто стоит задача одновременной визуализации и сравнения двух и более гистограмм. Язык R предоставляет возможность отобразить такой график. На рис. 3 изображены гистограммы того же показателя крови «blood1» с разделением по цветам относительно их значения в столбце «status» исходной таблицы.

При необходимости получения информации о квартилях распределения в компактном виде можно использовать график boxplot – диаграмма размаха. Такой вид диаграммы в удобной форме отображает медиану, верхний и нижний квартили, минимальные и максимальные значения, а также выбросы, при их наличии. Такой график продемонстрирован на рис. 4 с разделением по значению столбца «status». [1]

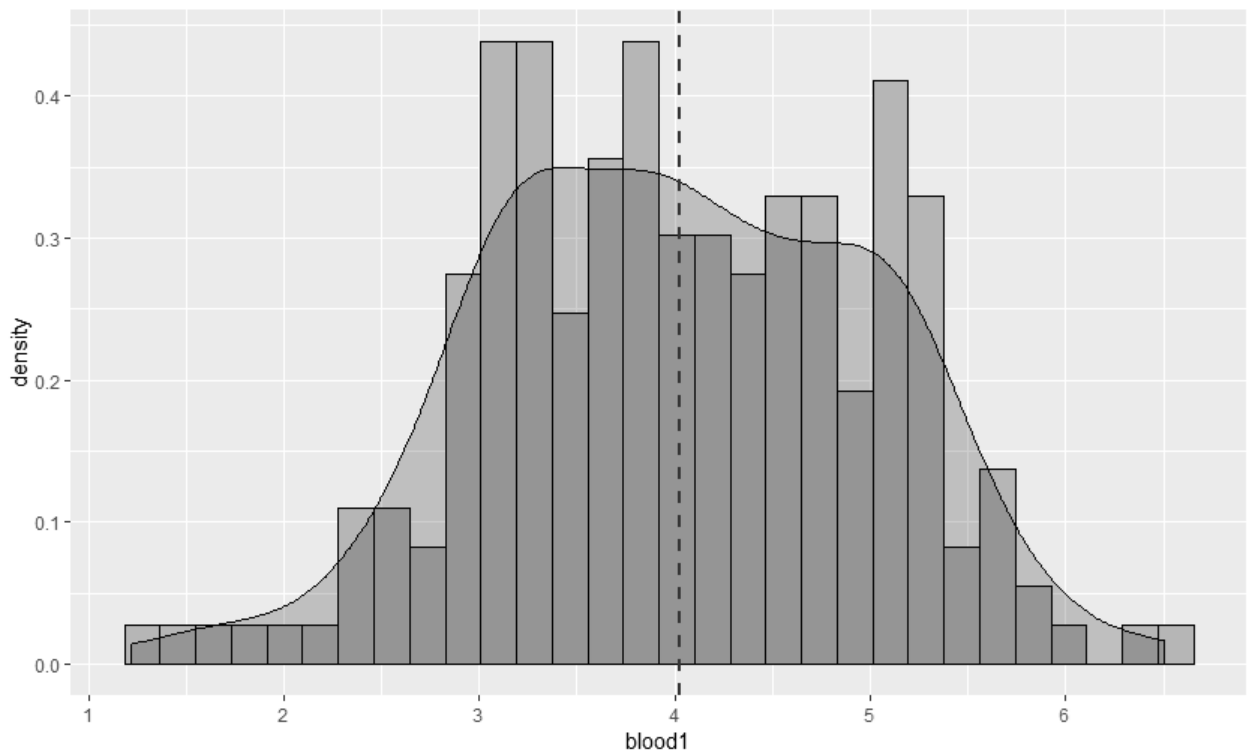


Рис. 2. Гистограмма показателя крови «blood1»

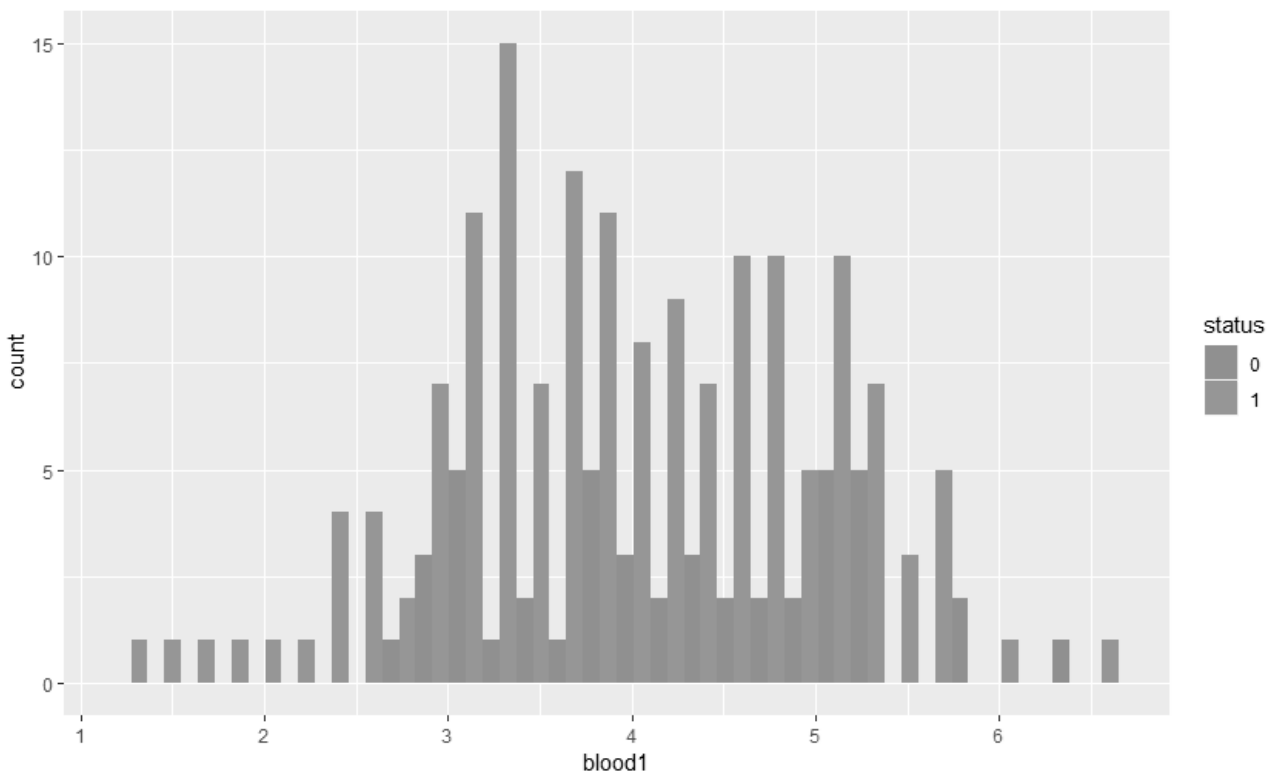


Рис. 3. Сравнение гистограмм

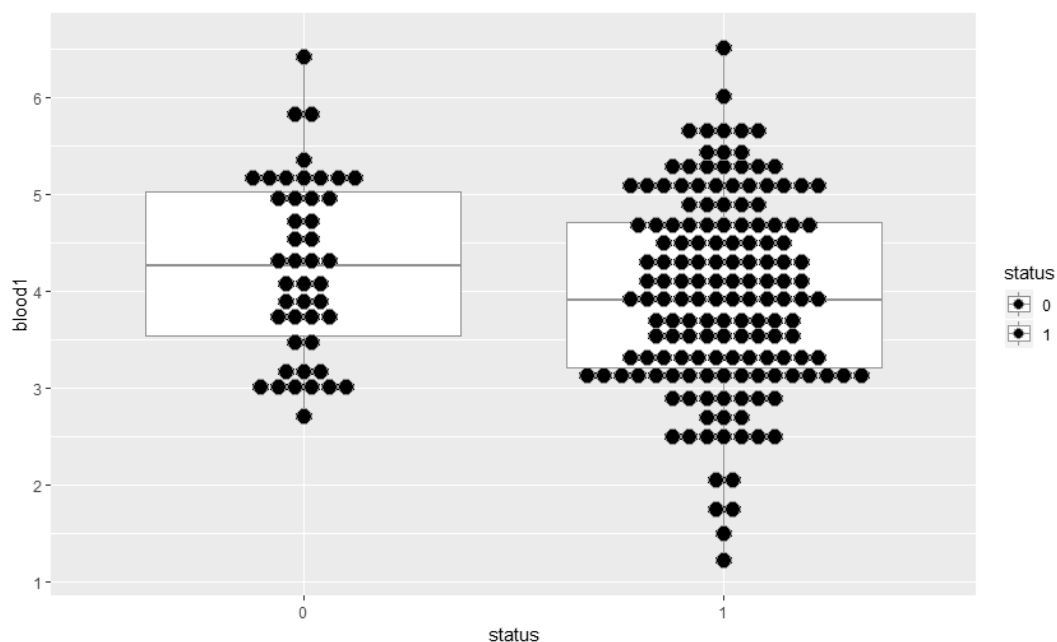


Рис. 4. Диаграмма размаха

Принципиально другой тип визуализации это heatmap – тепловая карта. Графическое представление данных, где индивидуальные значения в таблице отображаются при помощи цвета. На рис. 5 изображены те же представления значений анализов крови: «blood1», «blood2», «blood3». Такое представление позволяет решить задачу о выяснении какие группы пациентов встречаются. Далее по этому графику можно построить кривые выживаемости, для этого необходимо выделить основные кластеры (отображены на рис. 5) [2].

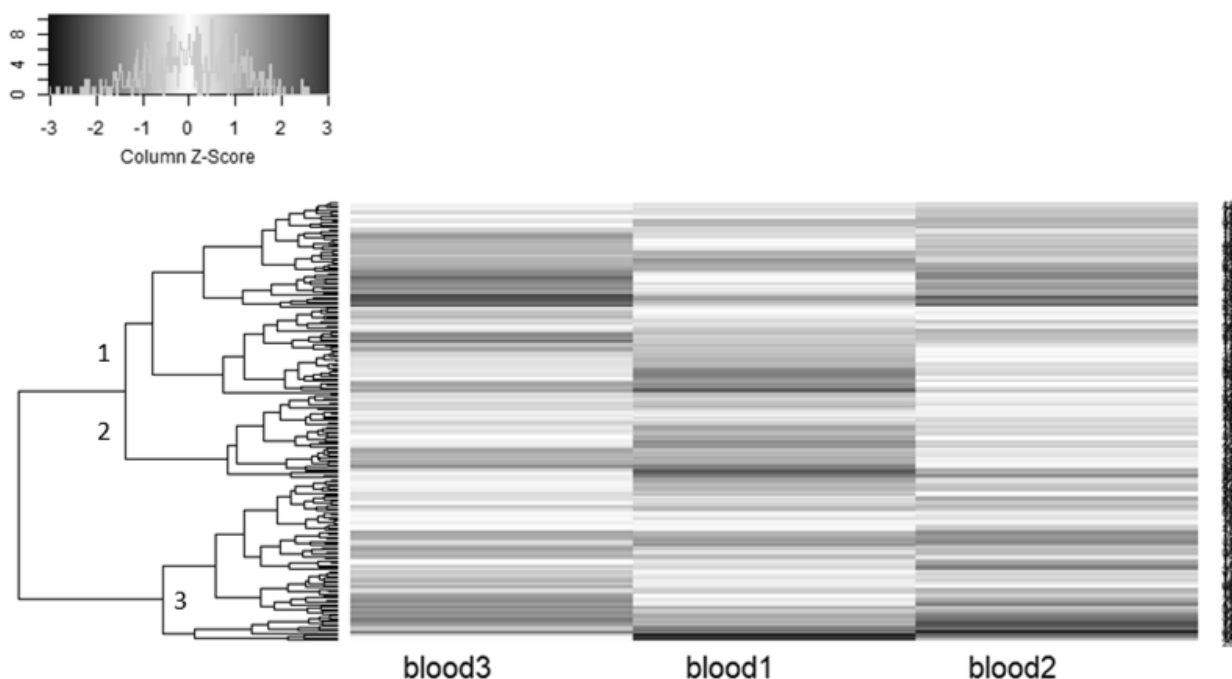


Рис. 5. Пример тепловой карты

Для получения ответа на вопрос влияет ли отношение к тому или иному кластеру на исход операции можно обратиться к диаграммам Каплана – Майера, которые дают целостное представление о смертности на тот или иной день после операции. На рис. 6 по оси абсцисс отложено время от даты операции в днях, по оси ординат – оценка вероятности прожить больше указанного времени. Также

график сопровождается таблицей «risk table», которая показывает, сколько человек остались живы по истечении некоторого контрольного количества дней. На графики можно увидеть значение «р», равное 0,82. Это значение p – value или p – уровень значимости. Когда это значение превышает 0,05 можно предположить, что различия статистически незначимы.

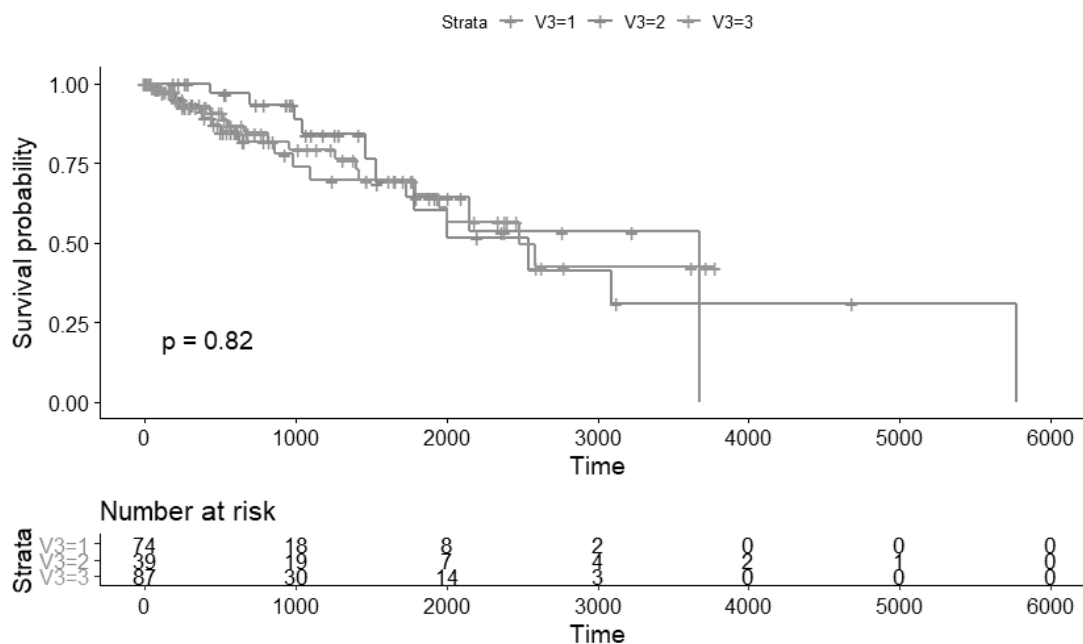


Рис. 6. Диаграммы Каплана – Майера

Как видно из проведенного обзора, язык R обеспечивает широкий спектр средств визуализации данных – от простейших, до продвинутых. Дополнительным преимуществом языка является его кросс-платформенность, отсутствие платы за пакеты и наличие большого количества вспомогательных примеров для быстрого освоения. Все это позволяет судить о хороших перспективах внедрения R в практику медицинских учреждений.

Библиографический список

1. Кабаков Р. И. R в действии. Анализ и визуализация данных в программе R. М.: ДМК Пресс, 2016. 588 с.
2. Хэдли У. Язык R в задачах науки о данных; пер. с англ. СПб.: ООО «Диалектика», 2018. 592 с.

УДК 519.7

В. А. Аврамёнок

студент кафедры компьютерных технологий и программной инженерии

С. И. Колесникова – доктор технических наук, профессор – научный руководитель**ПРИМЕНЕНИЕ СИНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ В ИММУНОЛОГИИ
НА ПРИМЕРЕ МОДЕЛИ «ХИЩНИК-ЖЕРТВА»****Введение**

Проблемы иммунологии всегда были актуальны, особенно в настоящее время, когда производительность вычислительных машин позволяет работать с достаточно сложными нелинейными моделями, трудоемкими с точки зрения вычислений.

Существует большое количество математических моделей (например, [1, 2]), описывающих процессы в иммунологии. Для иллюстрации применения принципов синергетической теории управления (СТУ) к исследованию объектов данной прикладной направленности будет рассмотрена модель типа «хищник-жертва», базовое описание которой представлено системой нелинейных дифференциальных [2, 3] или разностных уравнений (полученных на основе дискретизации, в том числе).

Выбор модели обусловлен ее фундаментальностью, поскольку модель «хищник-жертва» либо непосредственно применяется для описания объекта иммунологии, либо является составной частью большого числа математических моделей [4], характеризуется хорошей изученностью и относительной простотой.

Суть СТУ [5] заключается в создании управляемой динамической декомпозиции нелинейных многомерных систем и направленной самоорганизации динамических систем на основе искусственного конструирования притягивающих многообразий (аттракторов) в фазовом пространстве в виде описания $\psi(x) = 0$, где $x = (x_1, \dots, x_n)$ вектор состояния объекта управления.

Постановка задачи управления

Рассмотрим описание объекта:

$$\begin{aligned}\dot{x}(t) &= ax(t) - bx(t)y(t) + u(t), \\ \dot{y}(t) &= -cy(t) + mx(t)y(t), \\ x(0) &= x_0 > 0, y(0) = y_0 > 0,\end{aligned}\tag{1}$$

где x – количество антигенов (жертв); y – количество антител (хищников); a, b, c, m – положительные коэффициенты, характеризующие (межвидовые) взаимодействия между переменными системы.

Переменная управления $u(t) = u(x(t), y(t))$ означает возможность влиять на систему (1) через установление целенаправленного характера динамики антигенов (например, инъекции биостимуляторов).

Цель управления заключается в обеспечении асимптотической стабилизации функции $y(t)$ в окрестности заданного значения, то есть, согласно основному методу СТУ – методу аналитического конструирования агрегированных регуляторов (АКАР) [5], следует задать цель управления в виде $\psi(y) = y(t) - y^* = 0, t \rightarrow \infty$, где y^* – целевое значение антител (хищников).

Решение задачи управления

Синтез закона управления $u(t) = u(x(t), y(t))$ на базе метода АКАР заключается в выполнении определенных ниже шагов, теоретическое обоснование которых заключается в основных положениях СТУ и результатах теоретической механики [6].

Шаг 1. Формирование структуры управления. Введем вспомогательную макропеременную:

$$\psi^{(1)}(x(t), y(t)) = x(t) - \phi(y(t)), \quad (2)$$

где функция $\phi(y(t))$ подлежит определению на последующих шагах. Согласно АКАР функция $\phi(y(t))$ называется «внутренним» управлением, а искомая переменная $u(x, y)$ – «внешним» управлением. На этом этапе целью управления является множество $\{(x, y) : \psi^{(1)}(x, y) = 0\}$.

Структура внешнего управления (согласно АКАР) определяется на основе функционального уравнения:

$$T_1 \dot{\psi}^{(1)}(t) + \psi^{(1)}(t) = 0,$$

где $\psi^{(1)}(t) = \psi^{(1)}(x(t), y(t))$, $T_1 = \text{const} > 0$.

Из данного уравнения следует:

$$u(t) = -T_1^{-1} \psi^{(1)}(t) - ax(t) + bx(t)y(t) + \dot{\phi}(y(t)). \quad (3)$$

Шаг 2. Уточнение структуры управления. Произведем редукцию системы на достигнутом многообразии $\psi^{(1)}(x(t), y(t)) = 0$, на котором выполнено $x(t) = \phi(y(t))$, и исходное описание примет вид:

$$\dot{y}(t) = -cy(t) + m\phi(y(t))y(t). \quad (4)$$

Ставится следующая вариационная задача:

$$\psi^{(2)}(t) = \psi(t) = y(t) - y^* = 0, t \rightarrow \infty.$$

Из соответствующего функционального уравнения (согласно АКАР) $T_2 \dot{\psi}^{(2)}(t) + \psi^{(2)}(t) = 0$, $T_2 = \text{const} > 0$ на основе уже декомпозированного описания (4) находим выражения для $\phi(y(t))$ и ее производной:

$$\phi(y(t)) = m^{-1}(c - T_2) + \frac{y^* y^{-1}(t)}{mT_2}, \quad \dot{\phi}(y) = \frac{y^* y^{-1}(t)}{T_2}(cm^{-1} - x(t)). \quad (5)$$

С учетом уравнений (1) – (5) итоговая система управления примет вид:

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= ax(t) - bx(t)y(t) + u(t), & \psi^{(1)}(t) &= x(t) - \phi(y(t)), \\ \dot{y}(t) &= -cy(t) + mx(t)y(t), & \phi(y(t)) &= m^{-1}(c - T_2) + \frac{y^* y^{-1}(t)}{mT_2}, \\ u(t) &= -T_1^{-1} \psi^{(1)}(t) - ax(t) + bx(t)y(t) + \dot{\phi}(y(t)), & \dot{\phi}(y) &= \frac{y^* y^{-1}(t)}{T_2}(cm^{-1} - x(t)). \end{aligned} \quad (6)$$

Замечание. Положительные постоянные T_1, T_2 являются параметрами регулятора $u(t)$ и имеют содержательный смысл длительностей достижения многообразий $\psi^{(1)}(t) = 0$, $\psi^{(2)}(t) = 0$, соответственно.

Результаты численного моделирования системы управления

Осуществим моделирование системы управления (6) при следующих значениях параметров и начальных условиях: $a = 3, b = 2.7, c = 2, m = 1, T_1 = T_2 = 1, y^* = 7, x(0) = 5, y(0) = 3$.

График изменения численности антигенов и антител показан на рис. 1, а фазовый портрет системы – на рис. 2.

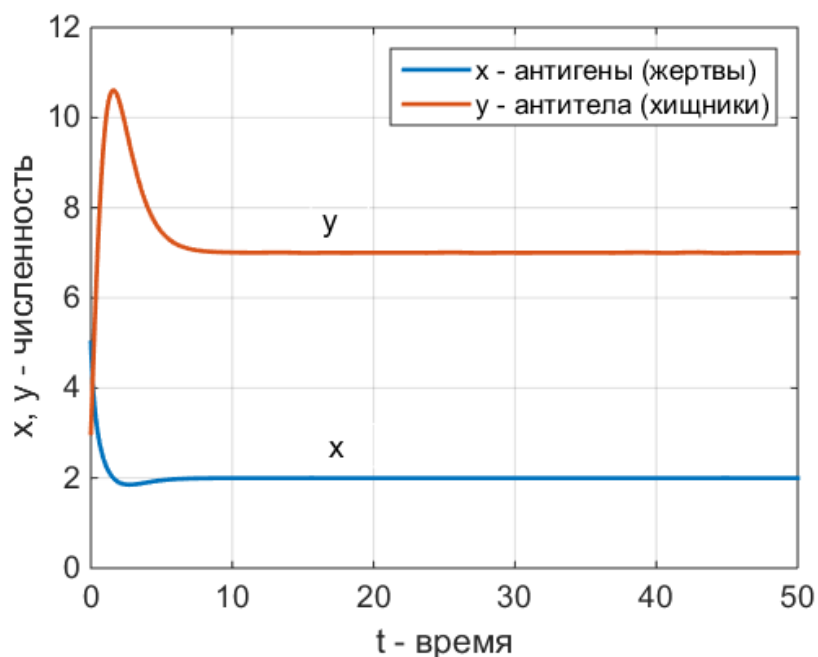


Рис. 1. График изменения численности антигенов и антител

Из графиков видно, что управляемая система стабилизируется в окрестности заданного значения. Таким образом, результаты моделирования подтверждают непротиворечивость полученных расчетов.

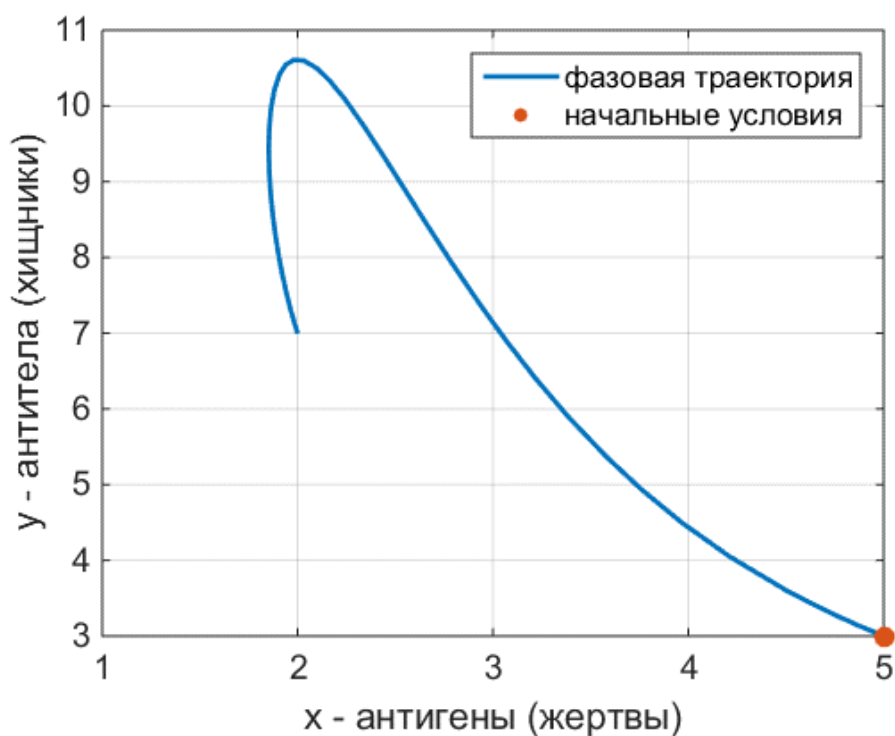


Рис. 2. Фазовый портрет системы

Заключение

В работе на основе базового метода синергетической теории управления синтезирован закон управления для системы «хищник-жертва». Доклад посвящен исследованию ее свойств и вариантам дальнейшего развития исследований в этом направлении.

Библиографический список

1. Романюха А. А. Математические модели в иммунологии и эпидемиологии инфекционных заболеваний. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. 296 с.
2. Романовский Ю. М., Степанова Н. В., Чернавский Д. С. Математическая биофизика. М.: Наука. 1984. 304 с.
3. Lotka A. Analytical Note on Certain Rhythmic Relations in Organic Systems // Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 1920. P. 410–415.
4. Трубецков Д. И. Феномен математической модели Лотки-Вольтерры и сходных с ней // Известия вузов. ПНД. 2011. Т. 19. № 2. С. 69–88.
5. Колесников А. А. Синергетика и проблемы теории управления. М.: Физматлит, 2004. 504 с.
6. Галиуллин А. С. Обратные задачи динамики и задачи управления движениями материальных систем // Дифференциальные уравнения. 1972. Т. 8. № 9. С. 1535–1541.

УДК 004.032.26

Т. А. Алдошина

студентка кафедры компьютерных технологий и программной инженерии

С. И. Колесникова – доктор технических наук, профессор – научный руководитель**М. Д. Поляк** – старший преподаватель – научный консультант

НЕЙРОСЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ АННОТИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Введение

Достоинства и недостатки нейронных сетей как одного из методов машинного обучения достаточно полно освещены в научной литературе [19]. Актуальность их применения для решения различных плохо формализуемых задач (распознавание речи, анализ текста, анализ изображений) бесспорна, число научных работ в этих областях знаний стремительно растет.

Задача аннотирования изображений заключается в создании описания изображений на базе набора ключевых слов с целью автоматического поиска в имеющихся коллекциях по текстовому запросу.

Решение такой задачи актуально во многих областях знаний, прикладных задачах и задачах гуманитарного характера: помощь людям с ограниченными возможностями; быстрый анализ данных в военной и научной сфере по снимкам со спутников и беспилотников; эффективный поиск по текстовому запросу в больших коллекциях изображений. Построенная в результате анализа, сравнения и модификации современных методов представления и поиска изображений модель аннотирования на данный момент алгоритмизирована и реализована программно в нескольких вариациях, но для ее улучшения необходимо осуществить подбор оптимальных параметров.

Постановка задачи построения модели аннотирования

В статье ставится задача построения нейросетевой модели аннотирования изображений и ее сравнительное исследование с разработанными ранее в [9]. Сопутствующими подзадачами являются следующие: алгоритмизировать и реализовать программную модель обучения нейросети, сформулировать критерии эффективности работы; сравнить итоги испытаний с предыдущими современными разработками; оценить результаты работы.

Модель Show and Tell

Решение задачи аннотирования будет рассмотрено с использованием модели Show and Tell, которая является мультимодальной системой, соединяющей в себе технологии компьютерного зрения и машинной генерации текстов. Особенностью данной модели является ее ориентированность на распознавание сложных изображений и генерации их осмысленных описаний на естественном языке.

Идея распознавания объектов на изображении не нова [58], и существует множество моделей, способных детектировать отдельные образы на кадре, но все они, как правило, направлены на выделение и распознавание экземпляра объекта на нейтральном фоне, и определяют только факт наличия этого объекта. В свою очередь, Show and tell формирует осмысленное описание взаимодействия объектов в кадре, их характеристики и атрибуты, с использованием английских грамматических правил построения предложений.

Данная модель является примером системы, использующей мультимодальное обучение, идея которого заключается в совместном встраивании изображения и текстового описания в том же векторном пространстве. Show and Tell принимает на вход изображение, и обучена таким образом, чтобы максимизировать вероятность создания целевой последовательности слов, где каждое слово пришло из определенного словаря, адекватно описывающего поступающее на вход изображение.

Модель построена на основе двух нейронных сетей. На первом этапе при работе с кадрами используется сверточная нейронная сеть (CNN), эффективность которых многократно доказана в решении задач создания представления изображения в виде вектора фиксированной длины, который позже может быть использован в других моделях для дальнейшего анализа. Таким образом, CNN – выступает энкодером, который был предварительно обучен для классификации изображений, а последний

скрытый слой используется как вход для рекуррентной нейросети – декодера. Основанный на рекуррентной нейронной сети декодер генерирует предложение по полученному на вход вектору признаков [4]. При обучении этой модели используется метод стохастического градиентного спуска.

Для того чтобы максимизировать вероятность корректного описания картинки, используется формула:

$$\theta^* = \operatorname{argmax}_{\theta} \sum_{(I,S)} \log p(S | I; \theta), \quad (1)$$

где θ – параметр модели; I – входное изображение; S – правильное описание. Поскольку S представляет любое предложение, его длина безгранична. Таким образом, мы можем применить последовательно цепочку правил для формирования совместной вероятности над S_0, S_N , где N – длина предложения:

$$\log p(S | I) = \sum_{t=0}^N \log p(S_t | I, S_0, \dots, S_{t-1}) \quad (2)$$

Во время обучения модели пара значений (S, I) является обучающим примером из выборки. На этом этапе происходит оптимизация суммы логарифмических вероятностей, по всей обучающей выборке с использованием стохастического градиентного спуска.

Логичным подходом для модели $P(S_t | I, S_0, \dots, S_{t-1})$ с рекуррентной нейронной сетью, где переменное количество слов, ограниченное до $t-1$, выражается скрытым состоянием фиксированной длины (или памятью) h_t . Эта память обновляется после просмотра нового входного x_t с помощью нелинейной функции f :

$$h_{t+1} = f(h_t, x_t) \quad (3)$$

В данной модели в качестве функции f используется LSTM модель.

Рекуррентная LSTM сеть

Модель Show and Tell использует рекуррентную нейронную сеть, которая кодирует вход переменной длины в фиксированный вектор, и использует это представление для декодирования в итоговое выходное предложение. В данной реализации используется LSTM – архитектура рекуррентной сети, основная идея которой заключается в выделении ячейки памяти, ответственной за хранение информации, полученной в предыдущий момент времени. Функция ячейки памяти схожа с состоянием в детерминированном конечном автомате, однако, в данном случае, состояние распределенное и позволяет работать с неограниченной размерностью. Такие сети обучаются при помощи обратного распространения ошибки сквозь время.

LSTM модель натренирована предсказывать слово в предложении после того как получит на вход изображение, в то время как предыдущие слова представлены в виде $P(S_t | I, S_0, \dots, S_{t-1})$. Если принять I – входное изображение, а $S = (S_0, \dots, S_{t-1})$ – правильное описание этого изображения, то процедура может быть представлена как:

$$\begin{aligned} x_{-1} &= CNN(I) \\ x_t &= W_{\theta} S_t, t \in \{0 \dots N-1\} \\ p_{t+1} &= LSTM(x_t), t \in \{0 \dots N-1\} \end{aligned} \quad (4)$$

где каждое слово выражено как вектор S_t размерности словаря; S_0 – стартовое слово предложения; S_N – последнее слово. Изображение и описание отображаются в одно пространство – изображение через CNN, а слова с помощью матрицы отображения W_{θ} .

Функция ошибки находится как сумма отрицательного логарифмического правдоподобия правильного слова на каждом шаге и выглядит следующим образом:

$$L(I, S) = - \sum_{t=1}^N \log p_t(S_t). \quad (5)$$

Тренировочные испытания модели

Как говорилось ранее, данная модель уже применялась и тренировалась на опубликованных наборах данных, наиболее крупным из которых, на момент до 2018 г., был MSCOCO. Сравнительный анализ показал рост эффективности с увеличением размера выборки.

Набор данных MSCOCO фокусируется на сегментации отдельных экземпляров объекта. В итоге, он представляет из себя аннотированный набор данных, состоящий из изображений, содержащих сложные повседневные сцены с объектами в их естественном контексте [10]. В свою очередь, ранние коллекции специализировались на классификации по каноничным изображениям, где объект один на нейтральном фоне и находится по центру, соответственно, легче детектируем.

Результаты испытаний модели Show and Tell показывали наилучшие результаты на субвыборке из MSCOCO в 1000 изображений, по сравнению с ранними коллекциями.

Обзор Google Conceptual Captions

На данный момент MSCOCO уже не самая большая аннотированная коллекция. В 2018 г. был представлен новый набор данных от Google – Conceptual Captions. Коллекция изображений была собрана благодаря анализу более миллиарда веб-страниц – были рассмотрены теги, отвечающие за изображение, и назначенное им альтернативное имя, проведена фильтрация на соответствие и отбор качественных экземпляров.

В отличие от MSCOCO в Conceptual Captions был применен другой подход к классификации и маркировке экземпляров. В данном случае уже не люди, а классификаторы изображений (например, Google Cloud Vision APIs) решали задачу назначения меток классов изображениям и сопоставления этих меток с текстом-кандидатом (с учетом морфологических преобразований). В итоге раздел обучения состоит из 3318333 пар изображение-URL/заголовок [11].

Смысл данной коллекции не в том, чтобы как можно более индивидуально, с использованием конкретных названий и имен собственных, описать изображений, а описать его достаточно точно используя при этом общие понятия – концептуально.

Появление данной коллекции может помочь решить многие проблемы, которые возникли при использовании ранних наборов данных. Например, при тренировке модели Show and Tell на MSCOCO, возникало много сложностей из-за переобучения. Действительно, чисто контролируемые подходы требуют больших объемов данных, но высококачественные наборы данных, которыми могли оперировать разработчики, ранее содержали менее 100 000 изображений.

Заключение

Данная статья является обзорной для последующего написания работы с применением коллекции Google Conceptual Captions для тренировки модели Show and Tell. В дальнейшем планируется изучить влияние количества примеров в выборке на качество машинного аннотирования, а также использования разных методов, метрик и функций вычисления ошибок для улучшения результатов работы модели.

Библиографический список

1. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning (Adaptive Computation and Machine Learning series). The MIT Press, 2016. 775 p.
2. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е изд.; пер. с англ. М.: Вильямс, 2016. 1104 с.
3. Samarasinghe S. Neural Networks for Applied Sciences and Engineering: From Fundamentals to Complex Pattern Recognition 1 st Edition. Auerbach Publications, 2006. 570 p.
4. Handschuh S. Semantic Annotation of Resources in the Semantic Web, Semantic Web Services // Springer, 2007.
5. Aker A., Gaizauskas R. Generating image descriptions using dependency relational patterns // ACL, 2010.
6. Wang L., Khan L. Automatic image annotation and retrieval using weighted feature selection // Multimedia Tools Appl.
7. Elliott D., Keller F. Image description using visual dependency representations // EMNLP, 2013.

8. Young P., Lai A., Hodosh M., Hockenmaier J. From image descriptions to visual denotations: New similarity metrics for semantic inference over event descriptions // ACL, 2014.
9. Show and Tell: A Neural Image Caption Generator. URL: <https://arxiv.org/abs/1411.4555> (дата обращения: 10.04.2019).
10. Microsoft COCO: Common Objects in Context. URL: <https://arxiv.org/abs/1405.0312> (дата обращения: 03.04.2019).
11. Conceptual Captions: A Cleaned, Hypernymed, Image Alt-text Dataset for Automatic Image Captioning. URL: <https://aclweb.org/anthology/P18-1238> (дата обращения: 10.04.2019).

УДК 004.51+004.855.5

А. М. Архипов

магистрант кафедры компьютерных технологий и программной инженерии

М. Д. Поляк – старший преподаватель – научный руководитель**АВТОМАТИЧЕСКАЯ ТРАНСКРИПЦИЯ РАЗГОВОРОВ В КОЛ-ЦЕНТРЕ**

Почти все компании, работающие с большим числом клиентов, имеют собственные кол-центры. Одной из самых актуальных задач для руководства кол-центра в настоящее время является обеспечение требуемого качества обслуживания клиентов при сокращении эксплуатационных расходов. Для автоматизации мониторинга качества обслуживания клиентов возможно использование программного обеспечения, позволяющего переводить записи телефонных разговоров в текстовый формат для дальнейшего анализа, например, выделить эмоциональную составляющую разговора, чтобы определить, как хорошо справился со своей задачей оператор. Это позволит избавиться от необходимости прослушивания тех разговоров, для которых система определила положительную эмоциональную составляющую, либо формировать примеры телефонных разговоров для обучения новых сотрудников. Непосредственно целью данной работы является проектирование вышеупомянутой системы распознавания речи для перевода записей разговоров кол-центров в текстовый формат. Исходя из сформулированной цели были поставлены следующие задачи:

- 1) необходимо выделить дикторов из исходного файла (диаризация речи в зависимости от голоса говорящего);
- 2) произвести распознавание речи (транскрибацию речи);
- 3) определить эмоциональную характеристику разговора.

Разработка системы автоматической транскрипции разговоров в кол-центре

Система автоматической транскрипции будет состоять из подсистем, каждая из которых должна решить одну из определенных выше задач:

Результатом диаризации речи будут отдельные звуковые файлы для каждого говорящего в исходной записи.

Данные файлы будут последовательно распознаны с применением глубокой нейронной сети и сохранены в текстовом формате.

Далее будет определена эмоциональная составляющая участников разговора (эмоциональная составляющая разговора может быть определена по распознанному тексту).

На рис. 1 изображена схема системы транскрипции речи:

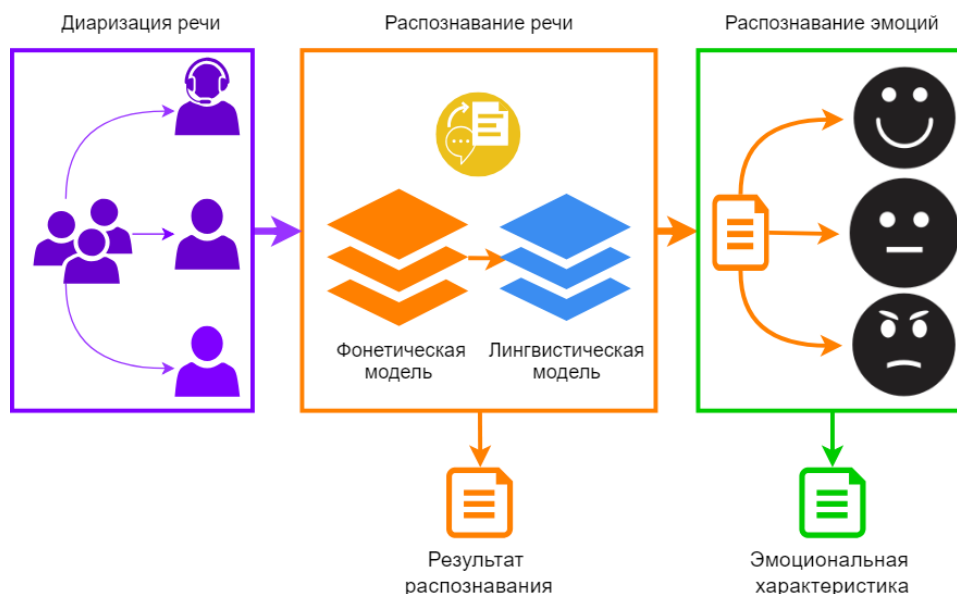


Рис. 1. Схема системы транскрипции речи

Для реализации самой значимой части работы, то есть подсистемы распознавания речи, была выбрана существующая архитектура глубокой нейронной сети Mozilla DeepSpeech. Реализация данной архитектуры доступна в виде открытого исходного кода на сайте GitHub и была в свою очередь построена на основе статьи исследователей из Baidu Research [1,2]. Схема архитектуры DeepSpeech представлена на рис. 2.

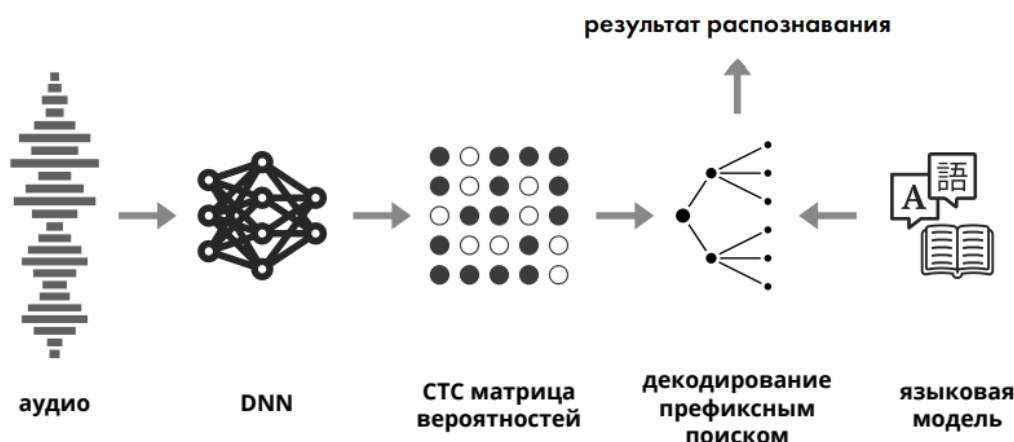


Рис. 2. Архитектура DeepSpeech

Используемая нейронная сеть (DNN) состоит из 5 скрытых слоев. Входной слой имеет m входов, соответствующих m MFCC (мел-кепстральным коэффициентам) – частотным признакам, извлекаемым из короткого фрагмента аудио. Далее идут еще 2 подобных слоя. В первых трех слоях нейроны между соседними слоями соединены всеми возможными способами и используют функцию активации ReLU (Rectifier Linear Unit). Четвертый слой является двунаправленным рекуррентным слоем (Bidirectional Recurrent layer) с LSTM ячейками (ячейки, хранящие сведения о предыдущих предсказаниях) и гиперболическим тангенсом в качестве функции активации. Далее результат подается в пятый слой с ReLU активацией. После этого идет выходной слой размера $n = [A]$, где значение на выходе каждого из нейронов пропорционально вероятности соответствующей буквы алфавита. Наглядная схема представлена на рис. 3:

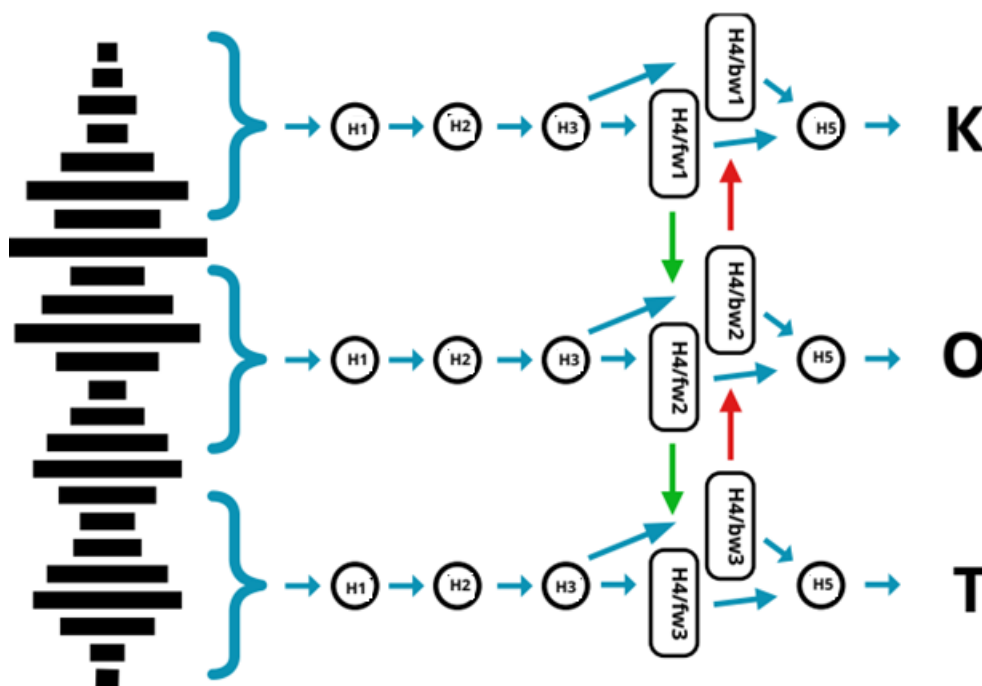


Рис. 3. Схема глубокой нейронной сети DeepSpeech

Данная архитектура была выбрана для создания системы транскрипции разговоров, т. к. на момент написания данной статьи, проект Mozilla DeepSpeech имел самую большую популярность и активность среди проектов по распознаванию речи с открытым исходным кодом по данным сайта GitHub. Данный проект нацелен на распознавание английской речи и добился на данный момент результата ниже 10 % WER. Проект Mozilla DeepSpeech также не привязан к конкретному языку и имеет возможность адаптивирования под русский язык.

Достигнутые результаты

Были изучены различные литературные источники описывающие методы автоматического распознавания речи, что позволило выбрать глубокую нейронную сеть как основу для разрабатываемой системы. На данный момент ведется тестирование качества распознавания модели Mozilla DeepSpeech в соответствии с метрикой оценки систем автоматического распознавания речи Word Error Rate [3]. На рис. 4 представлен пример тестирования модели в зависимости от скорости речи говорящего – данный тест может натолкнуть на идею замедления звуковой записи перед процессом распознаванием, для повышения его качества.

В дальнейшем необходимо обучить нейронную сеть распознаванию русской речи и реализовать алгоритм поиска запрошенной человеком информации, прозвучавшей на совещании.

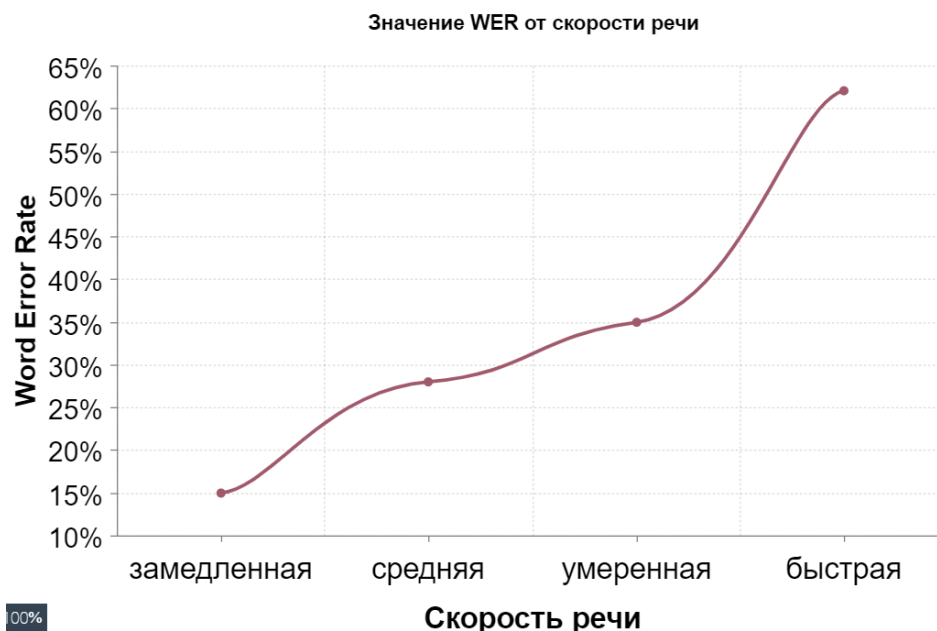


Рис. 4. Результаты тестирования DeepSpeech

Библиографический список

1. Amodei D. Deep speech 2: End-to-end speech recognition in English and mandarin // International conference on machine learning. 2016. P. 173–182. URL: <http://proceedings.mlr.press/v48/amodei16.html> (дата обращения: 07.05.2019).
2. Hannun A. Deep speech: Scaling up end-to-end speech recognition // arXiv preprint arXiv: 1412.5567. 2014. URL: <https://arxiv.org/pdf/1412.5567.pdf> (дата обращения: 07.05.2019).
3. Thoma M. Word Error Rate Calculation. URL: <https://arxiv.org/pdf/1512.02595.pdf> (дата обращения: 07.05.2019).

УДК 004.046

М. В. Бабушкин

студент кафедры компьютерных технологий и программной инженерии

С. В. Щекун – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

АВТОМАТИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КЛИЕНТА И БАРИСТА

В статье рассмотрена задача автоматизации бизнес-процесса процесса покупки товаров и услуг на примере кофейного бизнеса. В условиях постоянно изменяющейся внешней среды для обеспечения финансовой устойчивости как в среднесрочной, так и в долгосрочной перспективе любая организация нуждается в повышении конкурентных преимуществ. Ориентация на укрепление достигнутых позиций конкурентоспособности и их улучшение требуют постоянного совершенствования деятельности организации (как управленческой, так и производственной). Все чаще организация (предприятие) рассматривается как совокупность взаимосвязанных бизнес-процессов: планирования, управления; преобразования, ресурсов и др.

По мнению В. Г. Елиферова, бизнес-процессы – это горизонтальные иерархии внутренних и зависимых между собой функциональных действий, конечной целью которых является выпуск продукции или отдельных ее компонентов [1]. М. Хаммер и Дж. Чампи определяют бизнес-процесс как «совокупность видов деятельности (activities), которая имеет один или более видов входных потоков и создает выход, имеющий ценность для клиента» [2]. Е. Г. Ойхман и Э. В. Попов дополнили определение М. Хаммера и Дж. Чампи: «Бизнес-процесс – это множество внутренних шагов (видов) деятельности, начинающихся с одного или более входов и заканчивающихся созданием продукции, необходимой клиенту» [3].

Изменение внешних и внутренних условий работы организации, как правило, приводит к снижению эффективности существующей в ней системы бизнес-процессов, что требует целенаправленного изменения этой системы, фундаментального переосмысления бизнес-процессов компании, иными словами, их оптимизации.

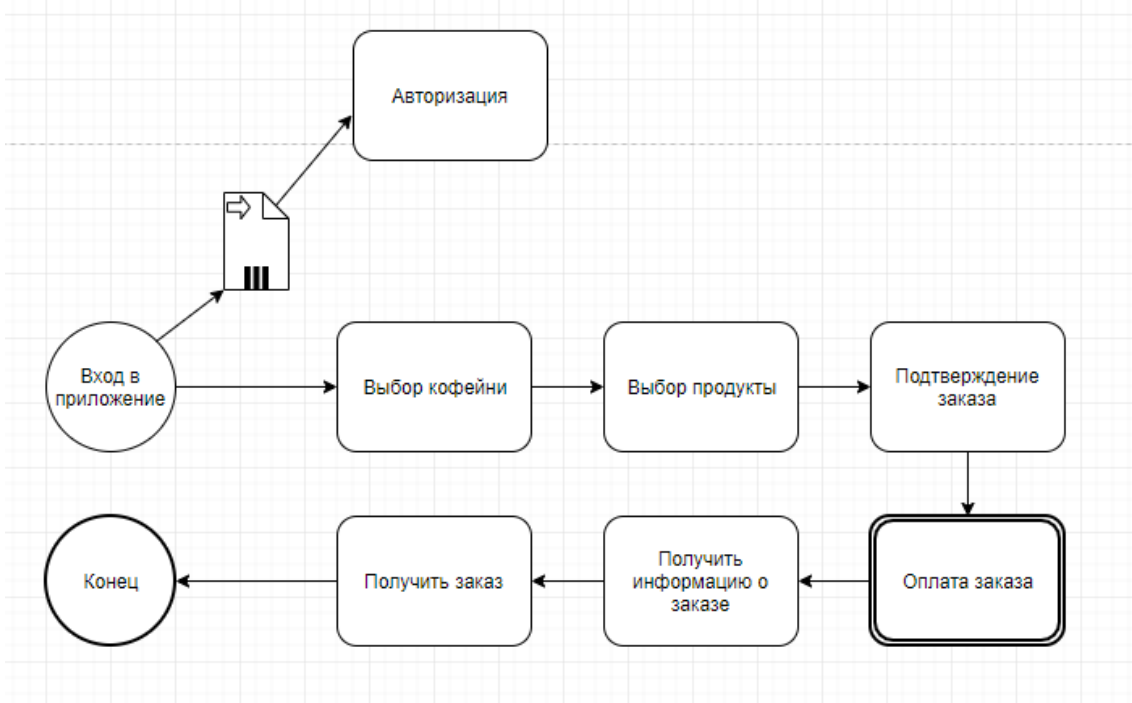


Рис. 1. BPMN работы мобильного приложения для кофейни

В практической деятельности при оптимизации бизнес-процессов применяются две основные методические концепции: 1) постепенный (пошаговый) подход, то есть непрерывное усовершенствование процессов в рамках существующей организационной структуры управления, что требует незначи-

тельных капиталовложений или не требует их вообще; 2) кардинальный подход, ведущий к существенным изменениям процессов и возможной трансформации организационной структуры управления [4].

График посещения кофеен клиентами не постоянен, он больше похож на синусоиду. Происходит длительное ожидание в очереди и в следствии отказ от заказа продукции. В результате чего сеть теряет прибыль и клиентов. Цель работы – оптимизировать и автоматизировать взаимодействие между баристой и клиентом. Добавим параллельный процесс самообслуживания, через мобильное приложение. Оптимизация процесса происходит путем разработки мобильного приложения. Пользователь пропускает ожидание обслуживание. В приложении ему нужно выбрать кофейню, в которой будет забирать заказ, далее выбор продукции и оплатить. Далее бариста получает уведомление о заказе и начинает его приготовление, после окончания происходит выдача.

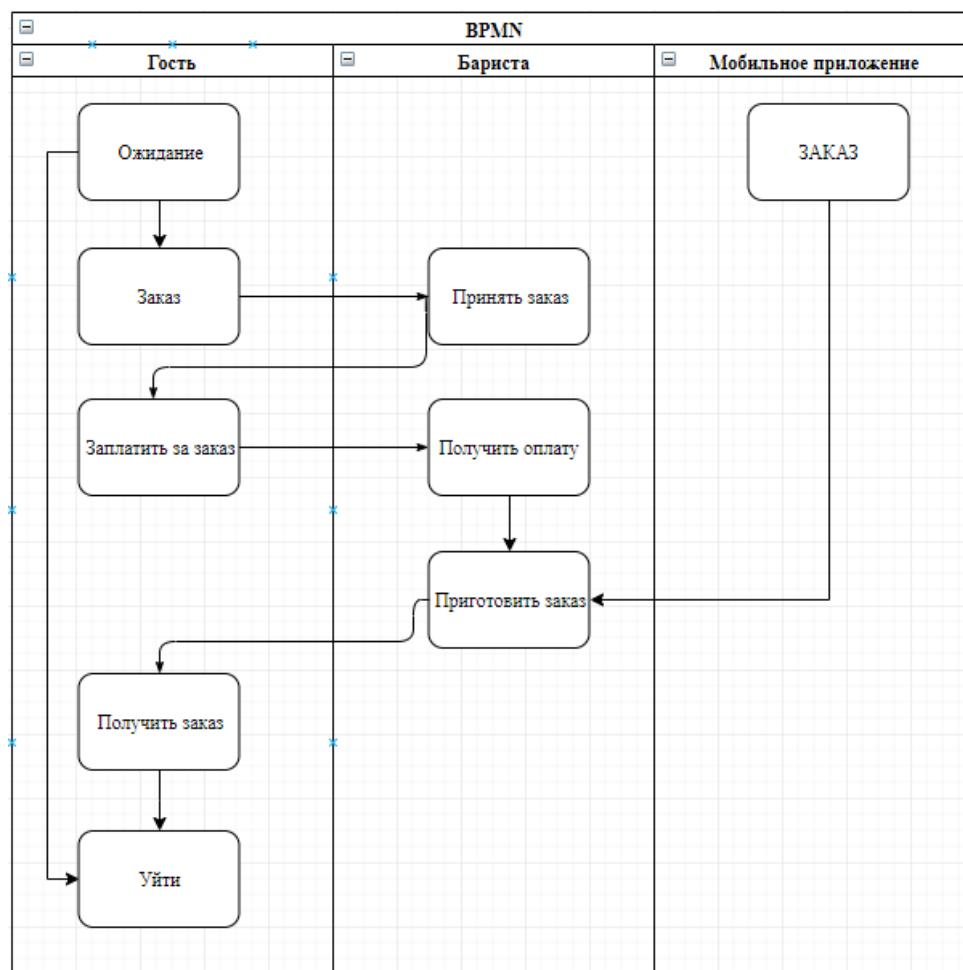


Рис. 2. BPMN обслуживание клиента

Библиографический список

1. Елиферов В. Г., Репин В. В. Бизнес-процессы. М., 2005.
2. Хаммер М., Чампи Д. Реинжиниринг корпорации. Манифест революции в бизнесе. М., 2009.
3. Ойхман Е. Г., Попов Э. В. Реинжиниринг бизнеса: реинжиниринг организаций и информационные технологии. М., 1997.
4. Козаченко А. В. Практические подходы к улучшению бизнес-процессов. URL: http://www.elitarium.ru/2010/11/24/uluchsheniye_biznes_processov.html (дата обращения: 12.05.2019).
5. Хаммер М., Чампи Д. Указ. соч.
6. Большаков А. С., Михайлов В. И. Современный менеджмент: теория и практика. СПб., 2000.

УДК 004.415.53:[378.146+378.147.88]

А. А. Гандрабура

студентка кафедры компьютерных технологий и программной инженерии

М. Д. Поляк – старший преподаватель – научный руководитель

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ, НЕПРЕРЫВНОЙ ИНТЕГРАЦИИ И СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ВЕРСИЙ В ОБУЧЕНИИ ПРОГРАММИРОВАНИЮ

В данной работе рассматривается задача создания программы, ведущей автоматизированный сбор информации о выполненных студентами лабораторных работах, выложенных на ресурсе GitHub. Проверка правильности выполнения лабораторных работ осуществляется с помощью сервисов автоматической интеграции и тестирования Travis CI и AppVeyor. Полученная информация о результатах выполнения лабораторных работ каждым студентом должна размещаться в сервисе Google-таблицы в виде списков студентов, разбитых на вкладки по группам, с указанием даты выполнения лабораторной работы.

Студенты должны отправлять информацию о своих лабораторных работах по электронной почте в определенном формате на заданный почтовый ящик.



Рис. 1. Алгоритм работы программы

Программа, по заданному расписанию, читает только новую почту в заданном почтовом ящике, согласно RFC822 Standard for ARPA Internet Text Messages и RFC5321 Simple Mail Transfer Protocol. После проверки правильности заполнения письма программа заносит информацию о новой выполненной студентом лабораторной работе в Google-таблицу. В случае наличия ошибок в формате полученного электронного письма или в случае неправильных данных о группе, ФИО студента или ошибки формата ссылки на лабораторную работу, программа посылает письмо отправителю с сообщением об ошибке и не берет его в работу.

После получения почты, по прошедшим проверкам писем, программа проверяет результаты выполнения лабораторных работ по полученным на них ссылкам на сервисе GitHub, используя REST API интерфейсы GitHub, Travis CI, AppVeyor. В случае если лабораторная работа прошла автоматические проверки, и решенный номер варианта соответствует присвоенному студенту номеру варианта, программа заносит результат в Google-таблицу на вкладку с группой студента в строчку с его фамилией и в столбец с датой выполнения данной лабораторной работы. Алгоритм работы схематично изображен на рис. 1.

Благодаря данной программе можно увеличить скорость и качество проверки лабораторного практикума. Студенты и преподаватель в любое время смогут быстро узнать была ли работа выполнена правильно, уточнить дату выполнения (сдачи) работы и посмотреть содержание работы по ссылке на сервис GitHub. Таким образом все работы оказываются собраны в одном месте, что облегчает их проверку преподавателем. Студенты при этом получают практические навыки работы с широко используемыми в отрасли разработки программного обеспечения подходами – системами контроля версий, системами автоматической интеграции и тестирования, облачными технологиями.

Библиографический список

1. Запуск программ по расписанию с помощью планировщика Windows. URL: <https://www.tirika.ru/articles/zapusk-programm-po-raspisaniyu> (дата обращения: 18.08.2018).
2. Parse RFC 2822 mail headers. URL: <https://docs.python.org/2/library/rfc822.html> (дата обращения: 15.06.2018).
3. Resnick P. Internet Message Format. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc5322> (дата обращения: 15.06.2018).

УДК 004.912

Е. М. Глушкова

студентка кафедры компьютерных технологий и программной инженерии

М. Д. Поляк – старший преподаватель – научный руководитель

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕРЫ СХОЖЕСТИ ТЕКСТОВ

Существует множество методов и алгоритмов сравнения текстов между собой. Одним из самых распространенных и широко используемых на сегодняшний день является так называемая метрика TF-IDF [1].

В рамках метрики TF-IDF вычисляется оценка значимости каждого из слов, содержащихся в тексте. Значение метрики рассчитывается как произведение двух параметров:

$$tf-idf(t, d, D) = tf(t, d) * idf(t, D). \quad tf - idf(t, d, D) = tf(t, d) * idf(t, D).$$

Первый множитель TF (term frequency – частота слова) – отношение числа повторений слова в документе к общему числу слов в нем:

$$tf(t, D) = \frac{n_t}{\sum_k n_k},$$

где n_t – количество вхождений слова t в документ. В знаменателе дроби – общее число слов.

С помощью второго множителя (inverse document frequency – обратная частота документа) занижается вес (то есть значение для расчетов) распространенных слов (местоимений, предлогов, вводных слов и т. д.), которые на сходство/различие текстов, очевидно, не влияют [2]:

$$idf(t, D) = \log \frac{D}{\{d_j \in D | t \in d_j\}},$$

где D – число документов в коллекции; $\{d_j \in D | t \in d_j\}$ – число документов из коллекции D , в которых встречается t .

Несложно увидеть, что вес слова, встречающегося во всех документах коллекции, будет нулевым, т. к. $\log 1 = 0$. Основание логарифма в формуле не указывается – оно может быть любым, так как приводит к изменению веса каждого слова на постоянную величину, что на соотношение весов никак не влияет.

Объем библиотеки (число документов в коллекции D), фигурирующий в формуле, важно учитывать, поскольку чем он больше, тем меньше вероятность того, что на расчет повлияют случайные совпадения.

Таким образом, наибольший вес получают слова, часто используемые в пределах конкретного документа и редко употребляемые в других документах из коллекции.

Для исследования качества алгоритма, основанного на метрике TF-IDF, использовались три текста, два из которых являются статьями на одну тему из разных новостных источников («Israeli election: Netanyahu and Gantz both claim victory» [3] и «Benjamin Netanyahu's re-election plans in limbo as Israeli election too close to call» [4]), а третий – статьей на другую тему («Coca-Cola reveals how much plastic it uses» [5]). После работы алгоритма были получены следующие данные, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

Результаты сравнения текстов с использованием метрики tf-idf

| | Текст 1 | Текст 2 | Текст 3 |
|---------|---------|---------|---------|
| Текст 1 | 1 | 0,806 | 0,369 |
| Текст 2 | 0,806 | 1 | 0,334 |
| Текст 3 | 0,369 | 0,334 | 1 |

Единичные коэффициенты в таблице указывают на тождество документа самому себе, остальные результаты симметричны относительно главной диагонали матрицы, поскольку итоги сравнения пары текстов не зависят от очередности их подстановки в формулу.

Далее, для увеличения точности результатов алгоритма, были использованы библиотеки «стоп-слов», которыми называют слова, не несущие смысловой (и, в том числе, тематической) нагрузки, например, 'somewhere', 'and', 'mine', 'too', 'also' и подобные. После реализации сравнения с использованием данных библиотек были получены данные, представленные в табл. 2.

Таблица 2

Результаты сравнения текстов с использованием метрики tf-idf, уточненные с помощью библиотек «стоп-слов»

| | Текст 1 | Текст 2 | Текст 3 |
|---------|---------|---------|---------|
| Текст 1 | 1 | 0,554 | 0,020 |
| Текст 2 | 0,554 | 1 | 0,022 |
| Текст 3 | 0,020 | 0,022 | 1 |

Можно заметить, что после удаления «стоп-слов» результаты заметно уменьшились: коэффициент схожести для текстов на одну тему (тексты №№ 1 и 2) изменился на несколько десятых, а для текстов на разные (№ 1 и 3, а также № 2 и 3) – почти на порядок.

Также повышению качества результатов способствовало применение стемминга (от англ. – *stem* – стебель). Это алгоритм, позволяющий нормализовать слова, то есть выделять их основу. Такая обработка текстов позволяет определять однокоренные, то есть близкие по смыслу, слова как сходные – при том, что в написании они могут существенно различаться.

Работа проводилась со стеммером Портера [6], который не использует баз основ слов, а лишь отсекает окончания и суффиксы, применяя ряд правил, основанных на особенностях языка. Из-за этого он работает с определенной погрешностью, хоть и быстрее остальных. В табл. 3 приведены результаты сравнения с учетом нормализации этим стеммером.

Таблица 3

Результаты сравнения текстов с использованием метрики tf-idf, уточненные с помощью библиотек «стоп-слов» и нормализации

| | Текст 1 | Текст 2 | Текст 3 |
|---------|---------|---------|---------|
| Текст 1 | 1 | 0,585 | 0,035 |
| Текст 2 | 0,585 | 1 | 0,026 |
| Текст 3 | 0,035 | 0,026 | 1 |

Не трудно заметить, что все коэффициенты в таблице выросли. Это произошло за счет того, что слова, отличающиеся друг от друга лишь окончаниями и суффиксами, были приведены к одной основе и посчитаны как сходные.

Таким образом, в ходе проведенного исследования была апробирована одна из распространенных метрик для сопоставления текстов, показана ее совместимость с другими методами и установлено, что увеличение числа задействованных алгоритмов позволяет повысить точность расчетов.

Библиографический список

1. Breitinger C., Gipp B., Langer S. Research-paper recommender systems: a literature survey // International Journal on Digital Libraries. 2015. N 17 (4). P. 305–338.
2. Jones K. A Statistical Interpretation of Term Specificity and Its Application in Retrieval // Journal of Documentation. 1972. N 28. P. 11–21.
3. BBC News. Israeli election: Netanyahu and Gantz both claim victory. URL: <https://www.bbc.com/news/world-middle-east-47874948> (дата обращения: 12.05.2019).

4. CNN World. Benjamin Netanyahu's re-election plans in limbo as Israeli election too close to call. URL: <https://edition.cnn.com/2019/04/09/middleeast/benjamin-netanyahu-israel-election-exit-poll-intl/index.html> (дата обращения: 12.05.2019).
5. BBC News. Coca-Cola reveals how much plastic it uses. URL: <https://www.bbc.com/news/newsbeat-47569233> (дата обращения: 12.05.2019).
6. Porter M. An algorithm for suffix stripping // Program. 1980. N 14 (3). P. 130–137.

УДК 620.187.5

Н. А. Грибовский

студент кафедры компьютерных технологий и программной инженерии

Е. О. Шумова – старший преподаватель – научный руководитель

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАЩИТЫ ПРИЛОЖЕНИЯ ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ВХОДА

В современном мире мобильный телефон настолько вошел в нашу жизнь, что мы без него просто не можем обходиться. Несмотря на то, что телефон был изобретен для разговоров, сейчас он превратился в смартфон. Этот гаджет предоставляет нам огромное количество возможностей: хранение личной информации, такой как фотографии, видео, личные и корпоративные переписки, а также данные сохраненные в браузерах, например, данные о картах, которыми вы оплачиваете покупки в интернете. Можно сказать, что телефон стал личным цифровым дневником. Миллионы приложений на рынке позволяют расширить возможности вашего смартфона.

Для защиты вашей личной информации сначала в смартфоны начали добавлять функцию установки пароля, а затем для удобства пользователей почти во все смартфоны стали добавлять сканер отпечатка пальца. Они находятся либо на задней панели устройства, либо встроены в кнопку навигации, но сейчас производители пытаются сделать дизайн смартфонов более целостным, и в стремлении к этому начали применять технологию под экранных сканеров [1].

Чтобы защитить приложение было решено разработать и встроить в приложения экран аутентификации с использованием сканера отпечатков пальцев.

Существует 2 основных вида сканеров: емкостный и оптический.

Емкостный сканер определяет отпечаток по средствам электрического разряда. Когда ваш палец лежит на поверхности, ребра на отпечатках пальцев касаются поверхности, в то время как впадины между ребрами слегка от нее отстают. Другими словами, датчик с помощью электроразрядов получает изображение вашего отпечатка. Этот тип сканеров используется в большинстве устройств, как самый дешевый и простой в использовании и установке.

С приходом экранов, которые занимают всю переднюю часть телефона, производители стали переносить сканеры под экран, для этого они стали использовать оптические сканеры. Оптический сканер, освещает отпечаток пальца ярким светом и делает цифровую фотографию. Сканер использует светочувствительный микрочип для создания цифрового изображения. Он автоматически анализирует изображение, выбирая только отпечаток пальца, а затем с помощью нейросети сопоставляет с образцом, после чего принимает решение о том, совпадают ли отпечатки или нет.

Для использования отпечатка пальца в приложении нужно запросить разрешение на доступ к датчику, что бы приложение получало данные, когда пользователь касается датчика. Если приложение не сможет работать без отпечатка пальца, то в файле Manifest вам нужно объявить, если же ваше приложение может работать и без отпечатка пальца, в этом случае нужно установить значение датчика как предпочтительное, но не обязательное, в этом случае, когда приложение будет загружено в Google Play ваше приложение смогут загрузить все пользователи [2].

После того как приложение получит все разрешения, можно перейти к созданию пользовательского интерфейса, в части разметки мы создаем только сам вид страницы запроса отпечатка. Здесь мы задаем текст и картинку отпечатка пальца, которые будут отображаться на этой странице.

После создания страницы мы переходим к добавлению функционала этой страницы. В данном коде созданы такие функции как: проверка наличия на устройстве аппаратного, программного обеспечения и настроек, необходимых для поддержки аутентификации по отпечаткам пальцев, а также создадим ключ, шифр и CryptoObject, которые мы будем использовать для выполнения фактической аутентификации.

В частности, этот код можно разделить на 2 части: в первой половине файла MainActivity выполняются проверки: устройство работает под управлением Android 5.1 или выше, устройство оснащено датчиком отпечатков пальцев. Если мы установили `android: required = «true»`, то выполнять данную проверку не нужно. Пользователь предоставил вашему приложению разрешение на доступ к датчику отпечатков пальцев. Пользователь защитил свой экран блокировки. Отпечатки пальцев могут быть за-

регистрированы только после того, как пользователь защитил свой экран блокировки с помощью PIN-кода, шаблона или пароля, поэтому перед продолжением необходимо убедиться, что экран блокировки безопасен.

Во второй половине файла выполняются следующие действия: получение доступа к хранилищу ключей Android, с последующим созданием экземпляра хранилища ключей. Хранилище ключей Android позволяет хранить криптографические ключи таким образом, чтобы их было сложнее извлечь из устройства. Хранилище ключей также ограничивает то, как и когда можно использовать каждый ключ. Чтобы создать аутентификацию по отпечатку пальца, нужно указать, что пользователь должен аутентифицировать свою личность по отпечатку пальца каждый раз, когда он хочет использовать этот ключ. Далее создается новый метод (`generateKey`), который будет отвечать за генерацию ключа шифрования приложения.

В заключение создается вспомогательный класс, который отвечает за запуск аутентификации и обработку различных событий вызова, таких как: метод `CancellationSignal` – метод открывает доступ к сканеру, когда приложение переходит в режим ожидания, `startAuth` – отвечает за запуск процесса аутентификации по отпечатку пальца, `onAuthenticationError` – вызывается при возникновении критической ошибки, так же выводит информацию об ошибке, `onAuthenticationSucceeded` – вызывается, когда отпечаток был успешно сопоставлен с одним из отпечатков, сохраненным на устройстве, `onAuthenticationFailed` – вызывается, когда отпечаток не совпадает ни с одним из отпечатков зарегистрированных на устройстве [3].

Библиографический список

1. Сканеры отпечатков пальцев. Классификация и способы реализации. URL: <https://habr.com/ru/post/116458/> (дата обращения: 13.04.2019).
2. Дейтел П., Дейтел Х., Уолд А. Android для разработчиков. 3-е изд. СПб.: Питер, 2016.
3. How to add fingerprint authentication to your Android app. URL: <https://www.androidauthority.com/how-to-add-fingerprint-authentication-to-your-android-app-747304> (дата обращения: 13.04.2019).

УДК 007.5

И. Б. Еремеев

студент кафедры компьютерных технологий и программной инженерии

А. А. Ключарев – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ГАЗОТУРБИННОГО РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ

При работе газотурбинных двигателей (ГТД) возникают вибрации, вызываемые воздействием не скомпенсированных сил различного происхождения. Так как влияние вибрации на работоспособность деталей и узлов двигателя, как правило, отрицательное, анализ составляющих вибрационного спектра позволяет определить ее источники и выбрать оптимальные способы снижения для обеспечения работоспособности в течение ресурса двигателей [1].

Один из вариантов решения этой проблемы – вибродиагностика двигателя. В данной работе будет рассмотрен метод орбитального анализа, позволяющий оценить траектории движения геометрического центра вала, из чего можно делать выводы о состоянии подшипников скольжения опор турбин, повреждения которых приводят к внезапным отказам. Проблема заключается в том, что из-за особенностей структуры ГТД датчики вибрации невозможно установить непосредственно на подшипниковой опоре. Измерения приходится производить косвенно, к измеряемым вибрациям добавляется множество вибраций от других компонентов двигателя. Помимо выделения роторных частот из спектра снятого сигнала, требуется произвести операцию двойного интегрирования к выделенному отфильтрованному сигналу, чтобы от ускорения перейти к траекториям перемещения.

Постановка задачи

В данной работе ставится задача разработки портативного устройства, которое позволит произвести экспресс-анализ состояния двигателя. Устройство должно в реальном времени предоставлять эксперту информацию о траекториях перемещения геометрического центра вала, выводя их на дисплей.

Необходимость работы устройства экспресс-анализа в реальном времени возникает из-за особенности диагностики. Специалист с устройством экспресс-анализа присутствует непосредственно при ручной прокрутке двигателя, и ему необходимо иметь мгновенный отклик, несущий информацию о текущем состоянии ГТД.

Исследуемый сигнал для устройства ЭА снимается с двух датчиков вибрации, закрепленных ортогонально на кронштейне на наружной поверхности корпуса двигателя. Необходимо оценить траектории движения геометрического центра вала, что осложняется наличием в конструкции двигателя нескольких роторов, многочисленных источников вибрации от различных дополнительных систем двигателя, высоких частот вращения и воздействия больших, по значению, температур [1]. Из всего спектра снятого сигнала надо выделить частоты, соответствующие роторным, обработать их, перейти от ускорения к перемещению и вывести орбиты на дисплей устройства. Также планируется отправлять снятые данные на мощное по производительности устройство для последующего более глубокого анализа, из чего как минимум возникает задача хранения отсчетов снятого сигнала.

Обработка

Обработка снятого сигнала представляет собой несколько этапов. В первую очередь сигнал с вибродатчиков необходимо оцифровать. Для этого устройство ЭА должно обладать как минимум двумя аналого-цифровыми преобразователями (АЦП). На этом этапе сигнал проходит через фильтр нижних частот (ФНЧ), оставляющий диапазон частот, в котором находятся искомые роторные частоты.

Далее возникает задача найти и выделить эти составляющие. Для поиска двух роторных частот в спектре сигнала производится быстрое преобразование Фурье (БПФ), а искомые частоты определяются как два наиболее высоких пика в спектре. Выделение найденных составляющих осуществляется с помощью узкополосного фильтра с конечной импульсной характеристикой, что позволит при известной роторной частоте производить ее выделение в реальном времени.

Чтобы перейти от ускорения к перемещению, производится операция двойного интегрирования, применимо к выделенным фильтром составляющей, по результатам которого уже и строится орбита, которая и будет выведена на дисплей. Планируется, что, помимо выведения результатов на дисплей для оценки специалистом, будет также реализован алгоритм классификации орбит, что поможет специалисту принять решение относительно состояния двигателя.

Реализация

В качестве устройства для экспресс-обработки снятого с вибродатчиков сигнала планируется использовать микроконтроллер на базе STM32. На этапе разработки было решено воспользоваться отладочной платой STM32F469I, поскольку она обладает необходимой периферией. Также для данной аппаратной базы присутствует возможность установки операционной системы работы в реальном времени FREE-RTOS.

Для оцифровки планируется использовать два 12-разрядных АЦП с частотой дискретизации 2000 Гц, т. к. искомые роторные частоты находятся в этом частотном диапазоне. Программная реализация БПФ и КИХ-фильтра для выбранного микроконтроллера существует в библиотеке CMSIS, эти функции и планируется использовать по назначению. Поскольку расчет коэффициентов КИХ-фильтра дорогостоящая по производительности задача, планируется заранее рассчитать наборы коэффициентов, соответствующие различным узкополосным фильтрам и хранить их во внешней флэш-памяти микроконтроллера. А затем, после определения роторных частот, выбирать для фильтрации необходимые наборы коэффициентов.

Особенности обработки

Для оцифровки сигнала планируется применять особый метод, который уменьшит шумы и позволит перейти от 12-разрядных отсчетов к 16-разрядным. Суть данного алгоритма заключается в следующем: АЦП работают не на частоте дискретизации 2000 Гц, а в 16 раз больше, то есть 32 000 Гц. Затем полученная выборка отсчетов разделяется на равные интервалы (в данном случае по 16 элементов каждый), а затем каждый новый отсчет сигнала рассчитывается как сумма элементов на данном интервале.

Моделирование данного метода было произведено на языке python.

Для моделирования особого режима работы АЦП был сгенерирован гармонический сигнал, представляющий собой сумму двух синусоидальных сигналов. Частота дискретизации была выбрана 32 000, а число отсчетов в выборке 10240. На рис. 1 представлен сгенерированный чистый сигнал.

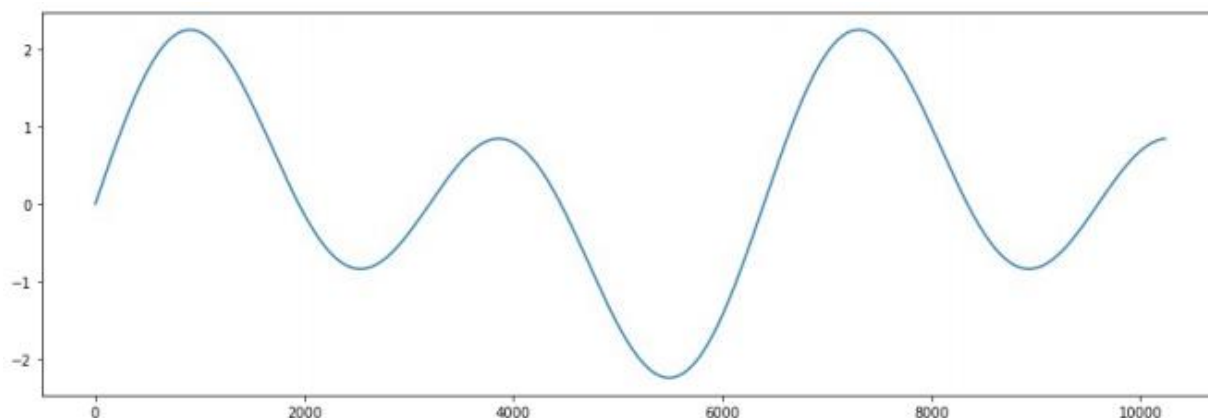


Рис. 1. Сгенерированный чистый сигнал

После к сгенерированному сигналу аддитивно был добавлен белый шум. Результат представлен на рис. 2.

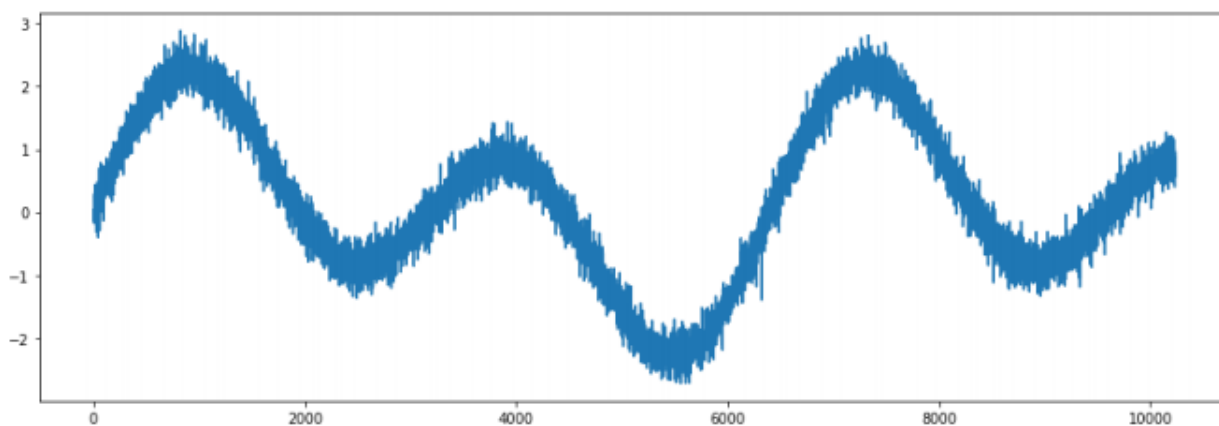


Рис. 2. Сигнал с шумом

Моделируемый АЦП должен производить дискретизацию сигнала с частотой 2000 Гц, потому была произведена передискретизация сигнала (взял каждый 16 отчет из выборки). Параллельно с этим была произведена передискретизация, выполненная рассматриваемым методом. Результаты представлены на рис. 3, 4 и 5.

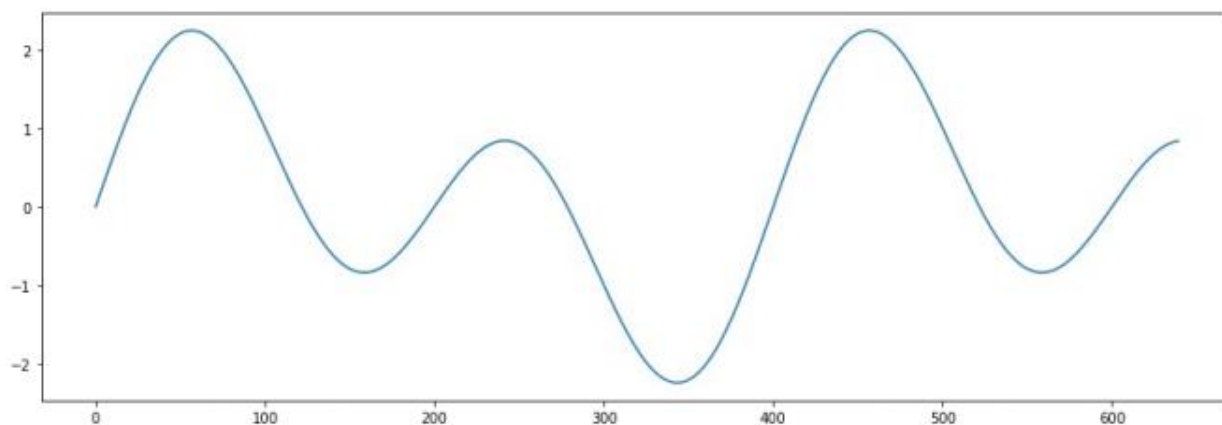


Рис. 3. Передискретизированный чистый сигнал

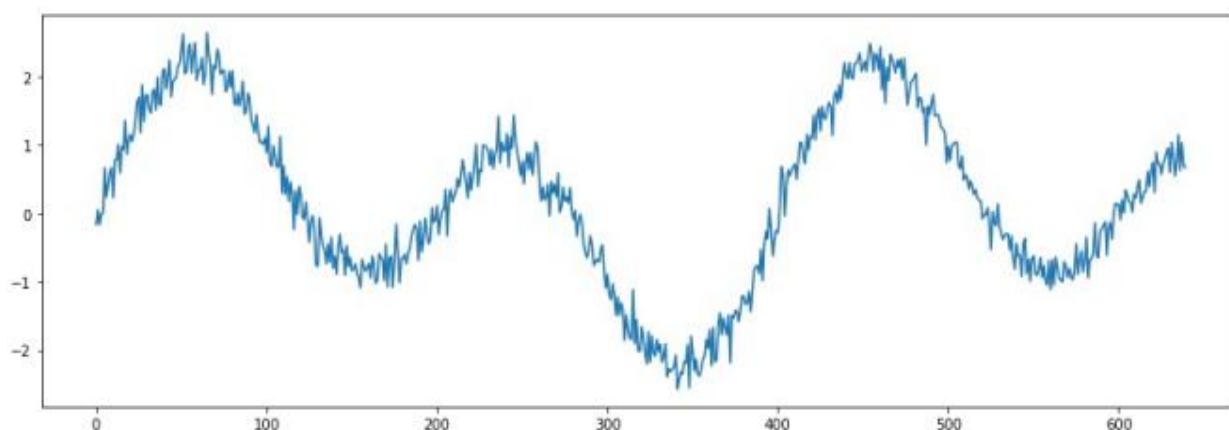


Рис. 4. Передискретизированный сигнал с шумом

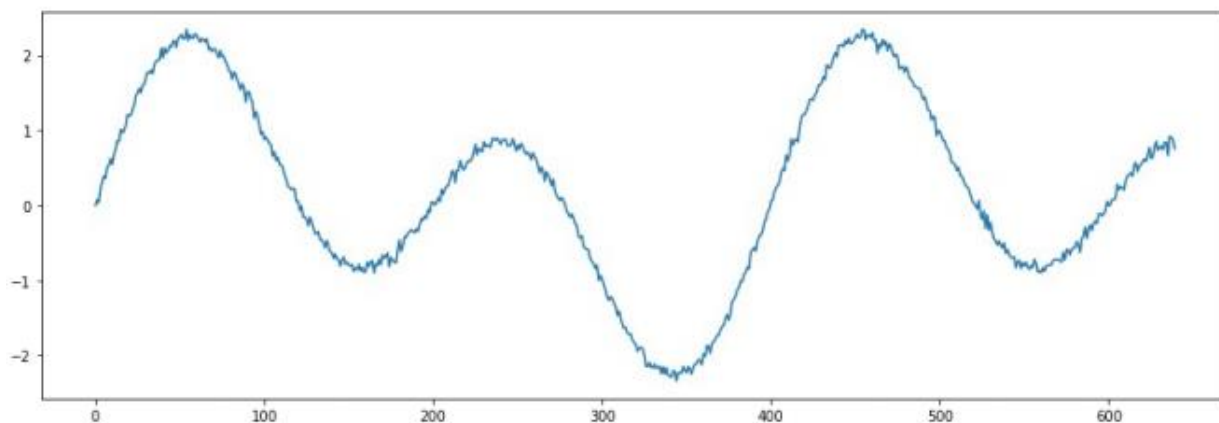


Рис. 5. Передискретизированный по особому алгоритму зашумленный сигнал

Результаты были рассчитаны для 1000 разнообразных сгенерированных выборок шума и для каждого было рассчитано среднеквадратичное отклонение между передискретизированным чистым сигналом и передискретизированным сигналом обычным методом, а также между передискретизированным чистым сигналом и передискретизированным особым методом сигналом с шумом. Для первого случая среднее среднеквадратичное отклонение составило 0,0400292; для второго 0,00276985507. По результатам можно сказать, что второй способ дает уменьшение шума в передискретизированном сигнале примерно на порядок. Данный метод будет давать наилучшие результаты при редких резких выбросах шума, так как выполняет сглаживающий эффект.

Выводы

Большая часть требуемого функционала еще не реализована, и для многих задач еще нет решения, поэтому планируется дальнейшая разработка.

Библиографический список

1. Зубко А. И. Орбитальный анализ: сб. Воронежской науч. конф. 2015. С. 97–109.

УДК 654.071.31

Д. Р. Жиляев

студент кафедры компьютерных технологий и программной инженерии

Е. В. Павлов – старший преподаватель – научный руководитель

SSH PROXY LOGGER

Анализ инцидентов при администрировании серверов играет важную роль как для внутренней организации предприятия так для аутсорсинга. Чем больше команда и чем больше клиентов, тем сложнее становится контролировать процесс, и соответственно увеличивается вероятность падения систем, даже при соблюдении установленных внутренних регламентов в компании. Причем анализ случившегося при данных обстоятельствах становится невозможным вследствие падения системы или утраты ее частичного, а в некоторых случаях и полного доступа. Ситуация может усугубляться рисками, связанными со слабой организацией предприятия, что затрудняет процесс установления, кто из администраторов ответственен за ввод тех или иных данных. Причем наиболее релевантной информацией считается набор команд, которые привели к падению систем.

На основе выше сказанного, можно сделать вывод о необходимости в программном обеспечении для проксирования SSH [1] сессий с логом действий и возможностью разбора журнала событий (даже в ситуациях, когда сервер недоступен).

Таким образом, для того чтобы приступить к работе, администратор должен подключиться к соответствующему серверу, войти через LDAP [2] Active Directory. Затем необходимо указать, к какому именно клиенту необходимо осуществить подключение. После завершения работы прокси-сервер собирает весь лог, который был накоплен во время сессии и отправляет его во внутреннюю базу данных, доступ к которой имеет только руководитель отдела.

В заключение можно отметить, что существует возможность сделать доступ администратором только для чтения собственных логов. Также система включает в себя поиск по логу через api и масштабируемую архитектуру микросервисов на Docker [3]. К недостаткам системы стоит отнести то, что архитектура приложения предполагает ожидание сигнала от завершения терминальной сессии для записи лога в БД.

Библиографический список

1. Secure Shell. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Secure_Shell (дата обращения: 06.05.2019).
2. LDAP URL. – xgu.ru, 2015. URL: <http://xgu.ru/wiki/LDAP> (дата обращения: 06.05.2019).
3. Enterprise Container Platform for High-Velocity Innovation. URL: <https://www.docker.com> (дата обращения: 06.05.2019).

УДК 004.416.6

Г. А. Каграманян

студент группы кафедры компьютерных технологий и программной инженерии

Е. О. Шумова – старший преподаватель – научный руководитель

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СБОРА, СИСТЕМАТИЗАЦИИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Заказ на разработку программного обеспечения для сбора, систематизации и анализа данных по эксплуатации транспортных средств получена от компании ООО «Автопитер», в которой я работаю.

В компании сосредоточено около 300 единиц транспортной техники, по которым постоянно начисляются расходы на топливо, ремонт и содержание техники.

Основной статьей затрат на транспорт является закупка топлива. По этой статье компания затрачивает около 10 млн рублей (~250 000 литров топлива) в месяц.

Руководство поставило задачу по организации контроля данной статьи расхода.

Для выполнения поставленной задачи необходимо создать единую систему для обработки следующих данных:

1. Учетные данные, в которые входят:
 - данные по путевым листам;
 - данные по введенным заправкам и сливам;
 - пробег, который вводится диспетчерами.
2. Фактические данные, которые хранятся в системе спутникового мониторинга:
 - данные по треку;
 - данные по датчикам топлива;
 - данные по событиям (стоянка, движение и разрыв связи).
3. Сопоставление учетных и фактических данных в форме отчетов на основе системы компоновки данных [1] (далее СКД).

Анализ подобных данных позволит устанавливать следующие события:

1. несанкционированный слив топлива;
2. фиктивная заправка топлива;
3. несанкционированное смещение с маршрута, предполагаемого путевым листом;
4. движение ТС без путевого листа.

Для решения поставленной задачи необходимо создать единую систему учета и анализа данных по эксплуатации транспортных средств.

В рамках поставленной задачи было решено создать сервис для загрузки данных в систему учета транспортных данных TMS AXELOT (далее TMS) из системы спутникового наблюдения СКАУТ (далее СКАУТ), а также разработать инфраструктуру для сопоставления загружаемых данных по трекерам.

Выбор механизма обмена данными

Для реализации сервисов по загрузке фактических данных из СКАУТ в TMS был выбран механизм обмена информацией XDTO [2] (XML Data Transfer Objects), основанный на стандартах SOAP [3] (1.1, 1.2), через API СКАУТ «СПИК».

Реализация инфраструктуры для загружаемых данных

Перед началом реализации загрузки данных в TMS необходимо было подготовить структуры для хранения загружаемых данных и структуры, содержащие в себе информацию для сопоставления трекеров СКАУТ с транспортными средствами в TMS.

Для этого в TMS были созданы следующие объекты конфигурации:

1. Регистр сведений «Пробег ТС СКАУТ (Автопитер)» – структура, хранящая в себе данные по пробегу сопоставленных транспортных средств в агрегированном виде за настраиваемый интервал времени.

2. Регистр сведений «Данные датчиков топлива СКАУТ (Автопитер)» – структура, хранящая в себе показания датчиков топлива транспортных средств на периоды записей (по интервалу времени).
3. Регистр сведений «Заправки сливы СКАУТ (Автопитер)» – структура, хранящая заправки и сливы топлива по транспортным средствам, их локациям и датам.
4. Регистр сведений «Данные мониторинга СКАУТ (Автопитер)» – структура, хранящая данные по периодам движений, стоянок и разрывов транспортных средств.
5. Регистр сведений «Установленные трекаеры» – структура, хранящая данные по сопоставленным трекаерам с транспортными средствами.

Реализация сервисов выгрузки данных

Сервисы выгрузки данных разделены на два регламентных задания:

1. Загрузка данных по пробегу СКАУТ (Автопитер) – порождает фоновое задание, которое выгружает данные по пробегу и по периодам трека.
2. Загрузка данных по топливу СКАУТ (Автопитер) – порождает фоновое задание, которое выгружает данные по показаниям датчиков и по заправкам и сливам.

Общий алгоритм работы сервиса загрузки данных по пробегу:

1. Авторизация в сервисе СПИК и получение токена.
2. Получение таблицы всех трекаеров из сервиса СПИК.
3. Обновление установленных трекаеров в TMS путем сопоставления данных РС «Установленные трекаеры» с таблицей трекаеров, полученной из сервиса СПИК.
4. Получение идентификаторов всех установленных трекаеров на загружаемую дату.
5. Получение данных по пробегу для каждого установленного трекаера.
 - 5.1. Деление периода времени, за который необходимо получить данные из сервиса СПИК на интервалы.
 - 5.2. Получение данных по пробегу для каждого интервала из сервиса СПИК.
6. Загрузка полученных данных по пробегу в регистр сведений «Пробег ТС СКАУТ (Автопитер)».
7. Получение данных по событиям мониторинга, для каждого установленного трекаера за переданные сутки из сервиса СПИК.
8. Загрузка полученных данных по событиям мониторинга в регистр сведений «Данные мониторинга СКАУТ (Автопитер)».

Общий алгоритм работы сервиса загрузки данных по топливу:

1. Авторизация в сервисе СПИК и получение токена.
2. Получение установленных трекаеров тех транспортных средств, у которых установлен датчик топлива.
3. Загрузка данных по показаниям датчиков для каждого трекаера из сервиса СПИК.
 - 4.1. Деление периода времени, за который необходимо получить данные из сервиса СПИК на интервалы.
 - 4.2. Получение данных по показаниям датчиков топлива для каждого интервала из сервиса СПИК.
5. Загрузка полученных данных по показаниям датчиков топлива в регистр сведений «Данные датчиков топлива СКАУТ (Автопитер)».
6. Получение данных по заправкам и сливам, для каждого установленного трекаера за переданные сутки из сервиса СПИК.
7. Загрузка полученных данных по заправкам и сливам в регистр сведений «Заправки сливы СКАУТ (Автопитер)».

Реализация отчетной системы

На основе загруженных данных стала возможна разработка отчетной системы СКД для дальнейшего анализа расхождений между фактическими и управленческими данными.

Для этой системы были реализованы следующие отчеты:

1. Анализ расхождений учетных и фактических данных по путевым листам – данный отчет предоставит данные по путевым листам для транспортных средств, на которые установлен датчик топлива и позволит сравнить данные за период с заданной точностью дельты по заправкам.

2. Отчет по пробегам ТС – данный отчет предоставит данные по расхождению пробегов транспортных средств в рамках путевых листов.

3. Отчет по закрепленным трекерам – данный отчет предоставит данные по закрепленным трекерам с их идентификаторами к транспортным средствам.

В результате работы удалось создать: сервисы для загрузки данных в TMS из СКАУТ; гибкую систему отчетности, позволившую проводить анализ расхождений между фактическими и управленческими данными; выявлять транспортные средства с низким пробегом в рамках отчетного периода; выявлять несанкционированные сливы и фиктивные заправки.

Библиографический список

1. Хрусталева Ю. Е. Разработка сложных отчетов в 1С: Предприятии 8.2. Система компоновки данных. СПб.: 1С-Публишинг, 2014.

2. XDTO – это просто. URL: <https://infostart.ru/public/167459> (дата обращения: 04.03.2019).

3. SOAP specification. URL: <https://www.w3.org/TR/soap> (дата обращения: 04.03.2019).

УДК: 004.032.26

А. А. Кириллова

студентка кафедры компьютерных технологий и программной инженерии

М. Д. Поляк – старший преподаватель – научный руководитель

ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ПЕРЕВОДА В АННОТИРОВАНИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Автоматизированное аннотирование применяется при индексации и поиске изображений, а также для аккомодации людей с нарушениями зрения, давая им более полные возможности ориентирования в пространстве, доступном большинству людей, что особенно актуально в связи с увеличением присутствия интернета в жизни людей.

Аннотации могут заменять собой изображения при использовании текстовых браузеров, в случае проблем при загрузке изображений в обычных браузерах, а также могут быть прочитаны вслух экранным считывающим устройством (например, Orca или Speakup).

Описание изображений на русском языке требует применения технологий компьютерного зрения, обработки естественного языка и, в некоторых случаях, машинного перевода, так как модели аннотирования в основном предназначены для работы с английским языком как наиболее широко распространенным.

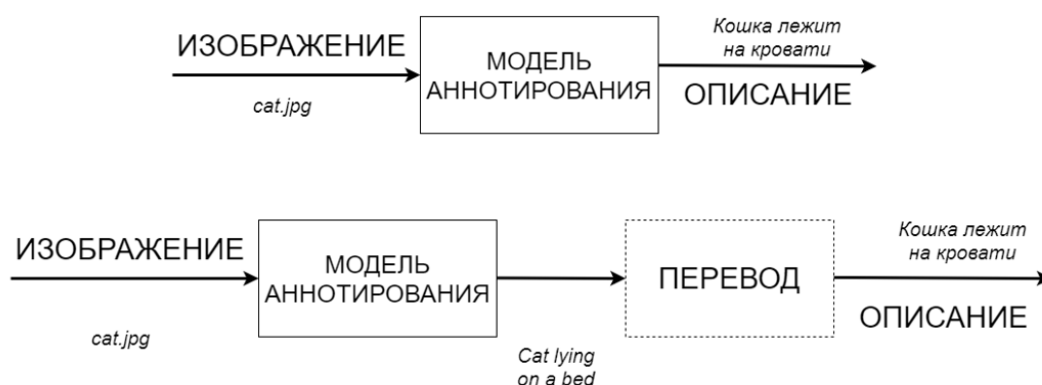


Рис. 1. Варианты получения аннотаций на русском языке

Аннотации на русском языке можно получить различными способами. Один из них предполагает динамический перевод сгенерированного англоязычной моделью результата, другой – переобучение модели на основе выборки на русском языке (рис. 1).

Одна из самых широко используемых моделей – Show and Tell, принадлежащая к типу нейронной сети «кодер-декодер». Она работает, кодируя изображение в векторное представление фиксированной длины, а затем декодируя представление в описание на естественном языке. Кодер изображений представляет собой глубокую сверточную нейронную сеть. Этот тип сети широко используется для работы с изображениями и в настоящее время применяется для распознавания и обнаружения объектов. Декодер представляет собой сеть долговременной кратковременной памяти (LSTM). Этот тип сети используется для моделирования последовательности задач, таких как моделирование естественного языка и машинный перевод. Слова в заголовках представлены с помощью модели вложения. Каждое слово в словаре связано с векторным представлением фиксированной длины, с которым работают во время обучения [1].

Для получения описаний изображений приемлемого качества обучение модели может занимать несколько миллионов итераций, что соответствует нескольким неделям или даже месяцам в зависимости от вычислительной мощности графического процессора. В таблице ниже представлено сравнение результатов для модели Show and Tell, обучавшейся в течение двух и пяти миллионов итераций.

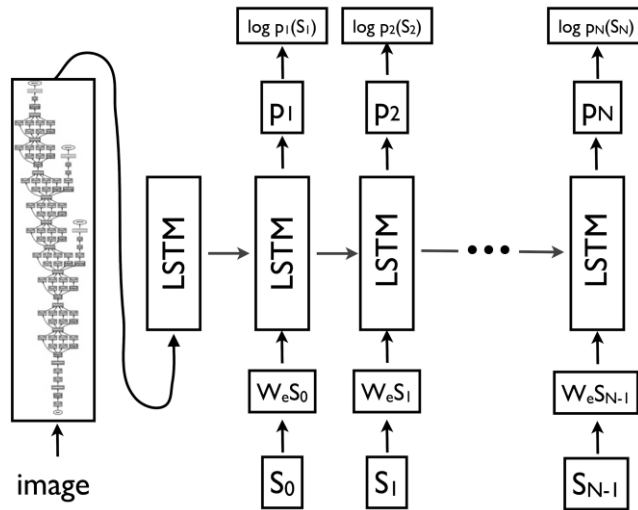





Рис. 2. Структура модели Show and Tell

Таблица 1

Сравнение Show and Tell, обученной с помощью 2 и 5 млн итераций

| 2M | 5M |
|--|--|
|  | |
| a black and white cat laying on a bed. (p=0.005781) | a black cat laying on top of a bed. (p=0.018247) |
|  | |
| a large passenger jet flying through a blue sky. (p=0.009416) | a large passenger jet flying through a blue sky. (p=0.009329) |
|  | |
| a man riding a wave on top of a surfboard. (p=0.039082) | a man riding a wave on top of a surfboard. (p=0.034281) |

Обучение осуществлялось на базе датасета MS COCO от Microsoft, который часто используется в сфере задач распознавания изображений. Он содержит выборку из 328 тыс. изображений, охватывающую 91 категорию. Представленные категории охватывают довольно узкий круг объектов. Лишь десятая часть изображений MS COCO содержит только один объект определенной категории, что часто приводит к тому, что обученные на ней сети находят не существующие на аннотируемом изображении объекты, как, например, в первом случае аннотирования первого рисунка в таблице выше.

Для перевода описаний изображений на русский язык можно использовать сервисы машинного перевода, предоставляемые компаниями, которые обладают необходимыми ресурсами. Существуют различные веб-службы: Google Translate, Яндекс. Переводчик, Bing от Microsoft и другие. В 2011 г. Google закрыл API для свободного бесплатного использования. Яндекс. Переводчик API позволяет получать результат только статистического перевода, в то время как с 2017 г. на сайте сервиса перевод осуществляется комбинацией нейросетей и статистики [3]. Также перевод можно получить, используя скрейпинг (извлечение информации с веб-страниц с помощью анализа их структуры и инструментов для автоматизации действий веб-браузера).

Таблица 2

Сравнение различных вариантов перевода

| Yandex | Google | Bing (Microsoft) |
|---|---|---|
| API | | |
| Бесплатное | Платное | Бесплатное |
| Статистический перевод | Нейросетевой перевод | Нейросетевой перевод |
| Обучен с фокусом на русско-английский перевод | По качеству находится между Yandex и Bing | Плохо обучен под русский язык |
| Скрейпинг | | |
| Сложная, изменчивая структура страницы | – | Не имеет смысла из-за низкого качества перевода |

Представленный ниже перевод аннотаций (см. табл. 1) выполнен с помощью Yandex. API и веб-служб Yandex и Google:

Таблица 3

Сравнение результатов перевода

| Аннотация на английском | Перевод Yandex. API | Нейросетевой перевод Yandex | Google Translate |
|---|---|--|--|
| a black and white cat laying on a bed | черно-белая кошка лежала на кровати | на кровати лежит черно-белый кот | черно-белый кот лежал на кровати |
| a large passenger jet flying through a blue sky | большой пассажирский реактивный самолет пролетел через голубое небо | большой пассажирский самолет, летящий по голубому небу | большой пассажирский самолет, летящий через голубое небо |
| a man riding a wave on top of a surfboard | человек на волне на доске для серфинга | человек на волне на доске для серфинга | человек катается на доске для серфинга на волне |

Статистический перевод через открытый интерфейс Яндекса дает достаточно хорошее качество перевода – без потери смысла и соответствует грамматике русского языка, однако нейросетевой перевод позволяет использовать более естественные языковые конструкции. Таким образом, предпочтительнее использование нейросетевого перевода.

Библиографический список

1. Show and Tell: Lessons learned from the 2015 MSCOCO Image Captioning Challenge. URL: <https://arxiv.org/abs/1609.06647> (дата обращения: 06.05.2019).
2. Microsoft COCO: Common Objects in Context. URL: <https://arxiv.org/abs/1405.0312> (дата обращения: 06.05.2019).
3. Машинный перевод. URL: <https://yandex.ru/company/technologies/translation> (дата обращения: 06.05.2019).

УДК 519.872.6

А. Ю. Курова

студентка кафедры компьютерных технологий и программной инженерии

М. В. Фаттахова – доцент, кандидат физико-математических наук – научный руководитель

ЗАДАЧА МАРШРУТИЗАЦИИ ТРАНСПОРТА С ОГРАНИЧЕНИЕМ ПО ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ И ВРЕМЕННЫМИ ОКНАМИ

В настоящее время в связи с увеличением грузопотока встает проблема экономии ресурсов. Чтобы сократить стоимость, затраты времени и природных запасов при транспортировке, необходимо развивать и разрабатывать методы решения задач маршрутизации.

Первым упоминанием о классической задаче объезда всех пунктов назначения стали труды английских математиков У. Гамильтона и Т. Киркмана в середине XIX в. Следом, в 1959 г. Г. Б. Данциг и Дж. Х. Рамзер в своей работе «The truck dispatching problem» [1] добавили дополнительное ограничение на количество автомобилей. Так, проблема приобретала вид задачи маршрутизации транспорта (ЗМТ). В своей статье исследователи поставили вопрос оптимального развоза бензина на автозаправочные станции в городе N, предложив математическую постановку задачи и решив ее эвристическим алгоритмом. В 1992 г. были добавлены ограничения временных окон и грузоподъемности [2].

С середины XIX в. ученые исследовали задачи маршрутизации и искали новые способы их решения. Наука в этой области не останавливается и сейчас. Исследователи развивают тему маршрутизации и модифицируют алгоритмы для решения задач разной сложности, что доказывает актуальность данной темы [3–4].

В данной работе рассматривается задача перевозки нефтепродуктов. Есть несколько АЗС станций, которые нужно обслужить, нефтебаза – депо и некоторое количество бензовозов. Для каждого транспортного средства (ТС) требуется составить маршрут, на котором каждая АЗС посещается одной машиной и, который начинается и заканчивается в депо. Целью является минимизация стоимости перевозок. При этом важно не допустить, чтобы резервуары на АЗС пересыхали, то есть необходимо следить, чтобы в них всегда находилось некоторое минимальное количество топлива. В приведенной постановке задача является двухкритериальной. Но мы будем решать задачу минимизации по критерию стоимости, а проблему, состоящую в том, чтобы резервуары не пересыхали, предлагаем решить за счет прогнозирования остатка топлива на АЗС и введения временных окон.

Построим математическую модель задачи. Переменными модели являются маршруты, то есть последовательности вершин, начинающиеся и заканчивающиеся в депо, которые посещает каждое ТС.

Введем обозначения. Пусть $V^k = \{v_i^k, v_j^k\}$ – множество вершин определенного маршрута ТС, где $k = 1, \dots, K$ – номер транспортного средства; $(i, j) \in \{0, \dots, M^k\}$ – номера вершин определенного маршрута.

Каждый маршрут должен обладать свойством:

$$(v_0, v_i^k) \in V^k, (v_j^k, v_0) \in V^k, k = 1, \dots, K, (i, j) \in \{0, \dots, M^k\}. \quad (1)$$

Задача состоит в построении маршрутов для каждого ТС так, чтобы суммарные транспортные затраты были минимальны.

Целевая функция, минимизирующая стоимость перевозки, представлена на формуле 2:

$$L = \sum_{k=1}^K \sum_{(v_i, v_j) \in V^k} c \cdot \left(\frac{s_{ij}^k}{v} + 0,33 + 0,05 \cdot g_j^k \right) \rightarrow \min, k = 1, \dots, K, (i, j) \in \{0, \dots, M^k\}, \quad (2)$$

где c – стоимость 1 часа работы ТС; v – скорость движения ТС; s_{ij}^k – расстояние между пунктами; g_j^k – масса товара (τ) для станции АЗС с номером j .

В задаче выделяются следующие ограничения:

$$\sum_{v_j \in V^k} s_{ij}^k = 1, \forall j \in V^k; \sum_{v_j \in V^k} s_{ij}^k = 1, \forall i \in V^k, k = 1, \dots, K, (i, j) \in \{0, \dots, M^k\}. \quad (3)$$

$$g_{ij} \leq q^k, k = 1, \dots, K, (i, j) \in \{0, \dots, M^k\}. \quad (4)$$

$$1,2 + \sum_{(v_i, v_j) \in V^k} \left(\frac{s_{ij}^k}{v} + 0,33 + 0,05 \cdot g_j^k \right) \leq 12, k = 1, \dots, K, (i, j) \in \{0, \dots, M^k\}. \quad (5)$$

$$\sum_{(v_i, v_j) \in V^k} \frac{s_{ij}^k}{v} \leq 10, k = 1, \dots, K, (i, j) \in \{0, \dots, M^k\}. \quad (6)$$

Поясним смысл введенных ограничений. Через каждую вершину транспортное средство проезжает только один раз (3). Грузоподъемность машины не должно превышать потребности пунктов маршрута (4). Рабочий день водителя должен быть не дольше 12 часов (5). В пути водитель должен проводить не более 10 часов (6).

АЗС работают круглосуточно, но, чтобы не допустить пересыхания резервуаров, введем временные окна. Для того, чтобы определить временной интервал, в который должна быть обслужена каждая из АЗС, необходимо прогнозировать расход топлива:

$$t_j \in F(p), j = \{0, \dots, M^k\},$$

где t_j – время посещения станции j ; $F(p)$ – функция прогнозирования времени посещения, $p \in [T_{jH}; T_{jK}]$.

$$T_{jK} = \frac{A_j - \delta}{a}, j = \{0, \dots, M^k\}, \quad (7)$$

где A_j – остаток топлива на момент планирования; δ – минимальное количество топлива, которое должно оставаться в резервуаре; a – коэффициент расхода топлива:

$$T_{jH} = T_{jK} - (0,33 + 0,05 \cdot g_j^k), k = 1, \dots, K, j = \{0, \dots, M^k\}. \quad (8)$$

$$T_{jH} \leq 8 + \sum_{(v_i, v_j) \in V^k} \frac{s_{ij}^k}{v} \leq T_{jK}, k = 1, \dots, K, (i, j) \in \{0, \dots, M^k\}. \quad (9)$$

Известно, что расход осуществляется в среднем линейно с коэффициентом a . Строим прогноз на количество топлива и определяем временной интервал, когда на конкретную АЗС должно быть осуществлена поставка (9).

Таким образом, сформулирована задача маршрутизации транспортного потока с ограничением по грузоподъемности и временными окнами, реализация которой поможет оптимизировать маршрут, выполнить установленный план и сократить потребление ресурсов.

Библиографический список

1. Dantzig G., Ramser J. The truck dispatching problem, 1959, Management Science. Vol. 6. No 1. P. 80–91.
2. Desrochers M., Desrosiers J., Solomon M. A new optimization algorithm for the vehicle routing problem with time windows, 1992, Operations Research. No 40 P. 342–354.
3. Bae H., Moon I. Multi-depot vehicle routing problem with time windows considering delivery and installation vehicles, 2016, Applied Mathematical Modelling. No 40.P. 6536–6549.
4. Хайруллин Р. З. Математическое моделирование развоза грузов по разветвленной сети автодорог, 2014, Вестник МГСУ. № 7. С. 184–191.

УДК 004.42

В. В. Малеев

студент кафедры компьютерных технологий и программной инженерии

Е. О. Шумова – старший преподаватель – научный руководитель

РАЗРАБОТКА ПОИСКОВОЙ СИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ СРЕДСТВ ГЕОЛОКАЦИИ

Геолокация – это определение местоположения через электронное устройство, в частых случаях подключенного к Интернету.

Местоположение объекта или человека ищется по исходящему из устройства сигналу. Точность определения зависит от количества станций слежения, которые смогут зафиксировать сигнал. Чем больше таких станций, тем выше будет точность определения местонахождения объектов [1].

Одной из основных задач при разработке геолокационного приложения является выбор API геолокации, который будет использоваться в создании такого приложения.

Технологии определения местоположения

Существует несколько видов технологий, по которым можно обнаружить местонахождение человека:

- по ip-адресу;
- по gps;
- по Wi-Fi.

Определение местоположения по IP-адресу

С применением современных технологий не составит труда узнать местонахождение объекта по IP-адресу (интернет-протоколу). Добыв эти данные, легко узнать, какова геолокация телефона или компьютера. Когда пользователь электронного устройства заходит в сеть, она анализирует его адрес для совершения дальнейших действий. Это помогает сохранять настройки сайтов, чтобы подсказывать предыдущие запросы [2].

Определение местоположения по GPS

Определяются точные данные, которые выдают навигационные спутники. Как правило, смартфон для получения сигнала находит маяки и, принимая от них информацию, передает сигнал о своем месторасположении. О работе GPS сигнализирует значок геолокации, который расположен на главном экране телефона [2].

Главным плюсом определения местонахождения по GPS является высокая точность результата.

Установленная геолокация на Андроид имеет некоторые минусы: частое прерывание связи со спутником в метро, лифте и других помещениях; низкая скорость обработки данных; иногда требуется установка дополнительных приложений [2].

Определение местоположения по Wi-Fi

Данный способ возможен лишь в условиях города, где доступен Wi-Fi. Геопозиция по Wi-Fi использует для передачи информации радиоканалы. Wi-Fi предполагает наличие точки доступа (маршрутизатора), обеспечивающей стабильный интернет радиусом до 45 м в помещении и около 90 м – на открытом пространстве [2].

Некоторые города полностью обхвачены бесплатной Wi-Fi сетью – в этом случае геопозиция определяется с точностью до метра.

Основным минусом метода является невозможность определения местоположения объекта в местах отсутствия Wi-Fi. Преимущества геопозиции по Wi-Fi: высокая точность и скорость; экономичность; доступность во всех помещениях [2].

Пример программной реализации

Places API

API Places от Google Developers позволяет запрашивать информацию о местах в различных категориях, таких как: заведения, известные достопримечательности, географические местоположения и т. д. Можно искать места по близости или текстовой строке. Place Search возвращает список мест вместе со сводной информацией о каждом месте [3].

Запрос Find Request

Запрос Find Place принимает текстовый ввод и возвращает место. Ввод текста может быть любым видом данных Places, например, именем, адресом или номером телефона [3].

Запрос Find Place – это HTTP-URL: следующей формы [3]:

<https://maps.googleapis.com/maps/api/place/findplacefromtext/output?parameters>,

где output может быть одно из следующих значений:

- json указывает вывод в JavaScript Object Notation (JSON);
- xml указывает на вывод в виде XML.

Определенные параметры необходимы для инициирования запроса Find Place. Как обычно в URL, все параметры разделяются с помощью символа амперсанда.

Обязательные параметры:

- key – API ключ вашего приложения. Этот ключ идентифицирует ваше приложение;
- input – текст с указанием места для поиска (например, имя, адрес или номер телефона);
- inputtype – тип ввода.

Пример запроса Find Place [3]:

Пример ниже демонстрирует запрос Find Place для Музея современного искусства в Австралии:

https://maps.googleapis.com/maps/api/place/findplacefromtext/json?input=Museum%20of%20Contemporary%20Art%20Australia&inputtype=textquery&fields=photos,formatted_address,name,rating,opening_hours,geometry&key=YOUR_API_KEY

Результат:

```
{
  «candidates»: [
    {
      «formatted_address»: «140 George St, The Rocks NSW 2000, Australia»,
      «geometry»: {
        «location»: {
          «lat»: -33. 8599358,
          «lng»: 151. 2090295
        },
        «viewport»: {
          «northeast»: {
            «lat»: -33. 85824767010727,
            «lng»: 151. 2102470798928
          },
          «southwest»: {
            «lat»: -33. 86094732989272,
            «lng»: 151. 2075474201073
          }
        }
      },
      «name»: «Museum of Contemporary Art Australia»,
      «opening_hours»: {
        «open_now»: false
      },
      «photos»: [
```

```

{
  «height»: 3456,
  «html_attributions»: [
    «\u003ca href=\»https://maps.
google.com/maps/contrib/116896532542212628408/photos\»\u003eJason Tan\u003c/au003e»
  ],
  «photo_reference»: «CmRaAAAADak4LnY8k9eBo2tI0GL9ArJdKmcYMiy0J1 xKp8uQyArV-
a7RRwqfRmsp5qM-jsS7g4cdt1 ASHL4FK9kqQ5luuCrf_VDfklI6Eli-mq-
hUKA2eYdxLQt80O2vJBpxpnHWEhD86OnzcwOBp6uSDXR4xURzGhQC76MOeHpT88UG9R8ffY6-
rKnPjw»,
  «width»: 4608
}
],
«rating»: 4. 4
}
],
«status»: «OK»
}

```

В заключение стоит отметить, что именно Google Places обладает существенным преимуществом для разработчиков. Разработчикам проще добавлять некоторые аспекты местоположения в свои приложения. Places API имеет такие важные свойства, как большая скорость и доступность, точность и высокая частота обновления данных. Также можно добавить, что Google Places API находится в открытом доступе и дает доступ к длительному бесплатному периоду пользования.

Библиографический список

1. Daniel Ionescu. Geolocation 101: How It Works, the Apps and Your Privacy. URL: <https://www.pcworld.com/article/192803/geolo.html> (дата обращения: 14.04.2019).
2. Что такое геолокация: как определить местоположение. URL: <https://sovets.net/15052-что-такое-geolokaciya.html> (дата обращения: 14.04.2019).
3. Google Developers. Place Search. URL: <https://developers.google.com/places/web-service/search> (дата обращения: 14.04.2019).

тора и дешифратора. Вектор контекста (word embedding), представляющий слово также дополняется кодом позиции слова в предложении.

Механизм Self-Attention – это разновидность механизма внимания, в котором все три вектора Q, K, V берутся из одной последовательности. В результате, функция внимания устанавливает связи между словами предложения и возвращает векторное представление слова, содержащее информацию о его отношениях с остальными словами. Авторы модели «Трансформер» называют функцию внимания, используемую в ней, вниманием на основе масштабированного скалярного произведения. Функция имеет следующий вид:

$$Attention(Q, K, V) = \text{softmax}\left(\frac{QK^T}{\sqrt{d_k}}\right)V.$$

Q, K, V в данном случае не отдельные векторы, а матрицы, представляющие множества запросов, ключей и значений, d_k – размерность одного запроса или ключа.

Multi-Head Attention (MHA) является основным строительным блоком для искусственной нейронной сети в модели «Трансформер». Он представляет собой многослойную структуру из h механизмов Self-Attention, слои которой независимы, работают параллельно и пропускают через себя одни и те же наборы Q, K, V . Схема MHA изображена на рис. 2.

Основную идею, лежащую за введением в сеть такой структуры, можно сформулировать следующим образом: вместо того, чтобы находить одну функцию внимания для наборов Q, K, V исходной большой размерности d_{model} , будем находить h функций внимания для h различных линейных проекций векторов Q, K, V сокращенной размерности d_k, d_k, d_v соответственно:

$$MultiHead(Q, K, V) = \text{Concat}(head_1, \dots, head_h)W^O,$$

где $head_i = Attention(QW_i^Q, KW_i^K, VW_i^V)$, а проекции – матрицы параметров:

$$W_i^Q \in R^{d_{\text{model}} \times d_k}, W_i^K \in R^{d_{\text{model}} \times d_k}, W_i^V \in R^{d_{\text{model}} \times d_v} \text{ и } W^O \in R^{hd_v \times d_{\text{model}}}.$$

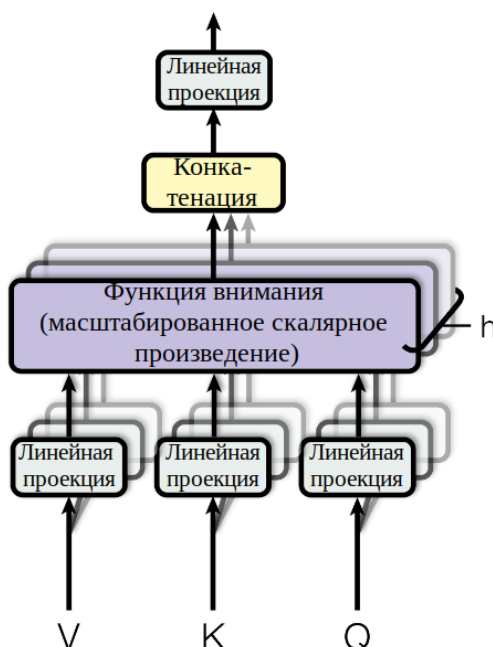


Рис. 2. Схема механизма Multi-Head Attention

Линейные проекции, меняющие размерность входных векторов, представлены на схеме в нижнем ряду. Проекция в верхней части схемы $W^O \in R^{hd_v \times d_{\text{model}}}$ возвращает выходному вектору исходную размерность модели d_{model} .

Обучение модели

Обучающая выборка была составлена из нескольких наборов параллельных корпусов, представленных на сайте OPUS [3], и корпуса Yandex [4]. Общий объем выборки после проведения фильтрации – 6,17 млн предложений. Фильтрация производилась с помощью инструмента системы статистического машинного перевода Moses [5] «clean-corpora-n. perl» и инструмента synical-selection, реализующего алгоритм «циничного отбора» [6], который позволяет выбрать данные, похожие на эталонную выборку. Для приведения регистра и токенизации выборки использовались инструменты «train-trucaser. perl», «trucase. perl», «tokenizer. perl» системы Moses. Для решения проблемы ограниченно-го словаря использовался метод сегментации слов с помощью алгоритма Byte Pair Encoding (BPE) [7]. При этом использовались инструменты Subword-NMT [8].

Для исследования была выбрана базовая модель «Трансформер», имеющая по 6 слоев в шифраторе и дешифраторе. Каждый слой содержит 8-слойный механизм Multi-Head Attention и сеть прямого распространения размерностью 2048. Размерность вектора представления слов – 512. Вероятность исключения (dropout) – 0,1. При обучении использовался предложенный авторами «Трансформера» оптимизатор Adam с параметром $\beta_2 = 0,998$. Схема изменения коэффициента скорости обучения была также выбрана рекомендуемая: Noam с 8000 шагами разогрева.

Обучение проводилось на одном графическом процессоре Nvidia GeForce GTX 1080 Ti на протяжении 7 эпох. К окончанию 7 эпохи модель продолжала сходиться. Графики функции perplexity (функция прямо пропорциональна функции потерь) на тестовой выборке в разных масштабах приведены на рис. 3.

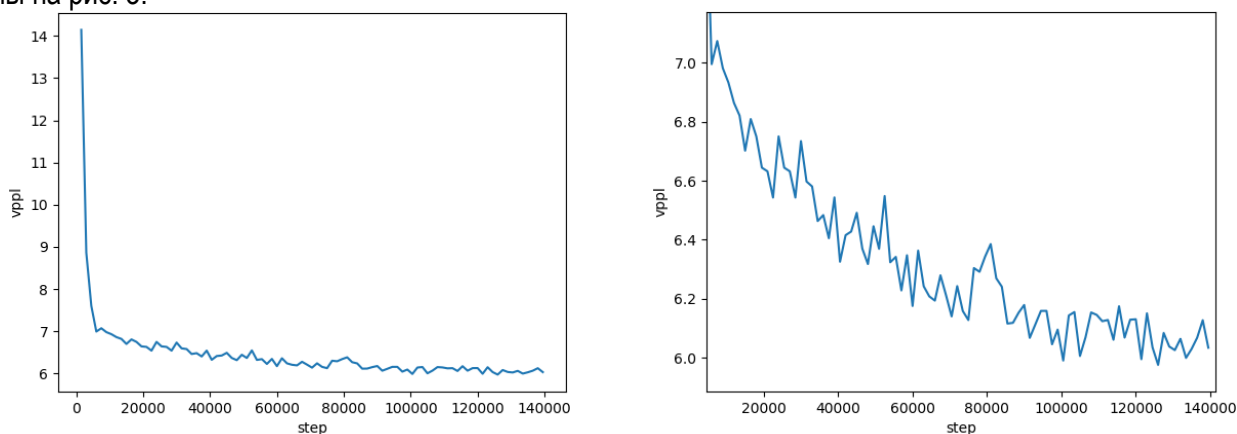


Рис. 3. Графики зависимости функции perplexity от шага обучения

В табл. 1 приводятся метрики BLEU для разного числа пройденных эпох.

Таблица 1

Оценка BLEU по эпохам

| Эпоха | 1 | 2 | 3 | 5 | 7 |
|-------|------|----|------|------|------|
| BLEU | 20,6 | 24 | 25,3 | 26,7 | 26,6 |

Несмотря на то, что с 5 по 7 эпоху метрика BLEU не увеличилась, функция потерь продолжала снижаться и качество перевода стало лучше.

Из журнала обучения следует, что скорость обработки обучающей выборки составляет около 8300 токенов/с. Один шаг обучения занимает 0,74 с, а целая эпоха проходится всего за 3,08 ч.

Заключение

Результаты обучения показали, что модель «Трансформер» позволяет получить высокое качество перевода для англо-русской пары, при этом сам процесс обучения, при условии использования графического процессора, не займет много времени. Значение BLEU 26,7 является достаточно хорошим показателем качества модели с учетом того, что процесс обучения был остановлен до того, как она сошлась.

В дальнейшем планируется рассмотреть различные пути улучшения качества перевода: более тщательную очистку обучающей выборки, увеличение размера словаря и продолжение обучения модели.

Благодарности

Автор выражает благодарность компании Aligned Research Group за предоставленные вычислительные мощности для обучения нейронной сети.

Библиографический список

1. Open-Source Neural Machine Translation. URL: <http://opennmt.net> (дата обращения: 01.05.2019).
2. Attention Is All You Need. URL: <https://arxiv.org/abs/1706.03762> (дата обращения: 01.05.2019).
3. OPUS, 2018. URL: <http://opus.nlpl.eu> (дата обращения: 01.05.2019).
4. Англо-русский параллельный корпус (версия 1.3). URL: <https://translate.yandex.ru/corpus> (дата обращения: 01.05.2019).
5. Moses, 2018. URL: <http://www.statmt.org/moses> (дата обращения: 01.05.2019).
6. Amittai Axelrod. Cynical Selection of Language Model Training Data. URL: <https://arxiv.org/abs/1709.02279> (дата обращения: 01.05.2019).
7. Sennrich R., Haddow B., Birch A. Neural Machine Translation of Rare Words with Subword Units // Proceedings of the 54th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. Vol. 1. P. 1715–1725.
8. Unsupervised Word Segmentation for Neural Machine Translation and Text Generation. URL: <https://github.com/rsennrich/subword-nmt> (дата обращения: 01.05.2019).

УДК 004.51+004.855.5

В. Е. Мещанинов

магистрант кафедры компьютерных технологий и программной инженерии

М. Д. Поляк – старший преподаватель – научный руководитель

АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ ДЛЯ ТРАНСКРИПЦИИ СОВЕЩАНИЙ

В различных компаниях по всему миру еженедельно, а то и чаще происходят совещания, где обсуждаются остро стоящие вопросы. А в крупных корпорациях в день может быть огромное количество подобных обсуждений. С современным ритмом жизни легко что-то упустить или же попросту забыть. К тому же совещания могут проходить в виде онлайн конференций, что создает дополнительные трудности в усвоении информации, например, различные звуковые/видео помехи, задержки сигнала, да и просто большое количество говорящих людей требует постоянной высокой концентрации. Даже если ведется видео или аудио запись происходящего, человеку необходимо потратить довольно продолжительное время на выделение необходимой для него информации, то есть как минимум дважды прослушать одно и то же совещание. Во избежание подобных проблем, необходимо автоматизировать процесс поиска требуемой информации, озвученной во время совещания. Понадобится лишь исходная звуковая дорожка.

Исходя из сформулированной цели, были поставлены следующие задачи:

- 4) прежде всего необходимо выделить отдельных говорящих из исходного аудиофайла;
- 5) затем произвести распознавание речи;
- 6) наконец, выделить из полученного текста необходимую информацию.

Разработка системы автоматизации поиска запрашиваемой информации в транскрипции совещаний

Разрабатываемая система будет состоять из подсистем, каждая из которых должна решить одну из определенных выше задач. Перейдем к описанию работы отдельных частей системы.

Результатом выделения говорящих из исходного файла должны быть множество аудиодорожек, каждая из которых будет соответствовать определенному человеку.

Для последующего распознавания речи будет задействована глубокая нейронная сеть. Каждый отрезок исходного файла, выделенный на предыдущем шаге работы алгоритма, будет последовательно подан на вход сети, которая будет выдавать соответствующую транскрипцию.

Затем из собранного из результатов работы нейронной сети текстового файла останется выделить запрошенную информацию.

Наиболее важным элементом системы является перевод речи из аудио в текст, то есть транскрибация. Для решения данной задачи была выбрана разработанная компанией Baidu глубокая рекуррентная нейронная сеть DeepSpeech, служащая инструментом распознавания речи [1, 2].

На рис. 1 изображена архитектура сети. Система DeepSpeech является рекуррентной нейронной сетью (RNN) с одними или несколькими сверточными входными слоями, за которыми следуют многослойные рекуррентные (одно или двунаправленные) слои и один полно связный слой до слоя softmax (слой, основой которого является функция softmax). Сеть обучается end-to-end способом с использованием функции CTC (Connectionist temporal classification), что позволяет непосредственно прогнозировать последовательности символов из входного аудио.

Входы в сеть представляют собой последовательности спектрограмм. Одна спектрограмма – это отрезок исходного аудио длиной 20 миллисекунд каждый. Выходы – это буквы распознаваемого языка. На каждом временном отрезке RNN рассчитывает вероятность правильного распознавания символа алфавита языка. На заключительном шаге модели CTC сочетаются с языковой моделью, обученной на большом объеме текста.

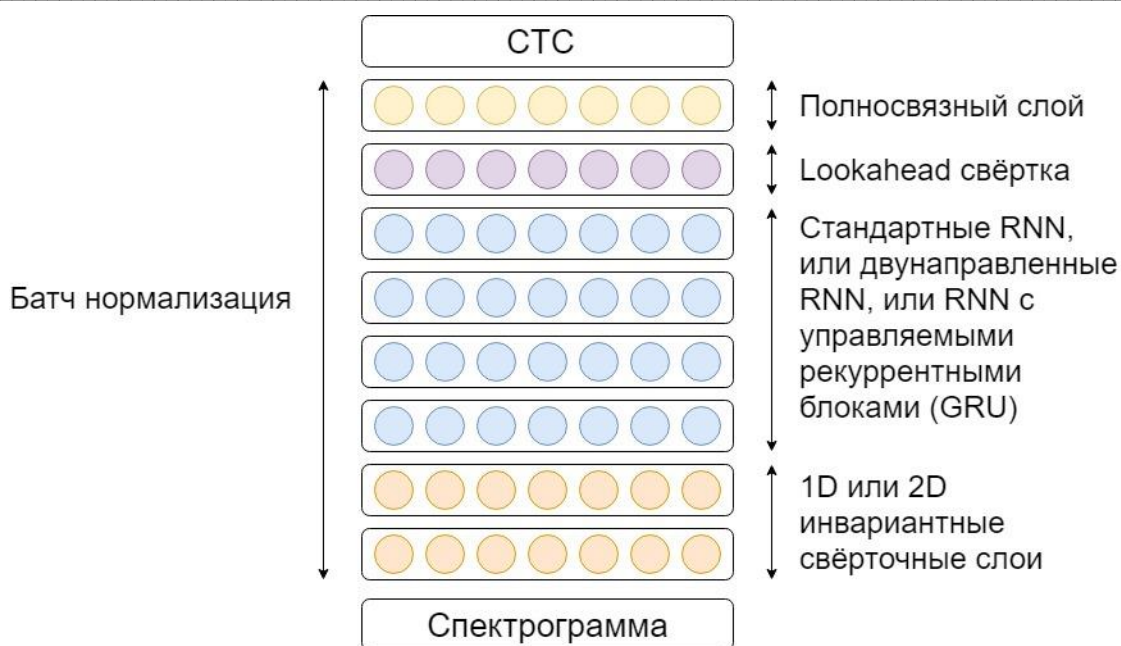


Рис. 1. Архитектура DeepSpeech

Достигнутые результаты

Чтобы грамотно подойти к решению поставленных задач, были разобраны различные источники литературы о нейронных сетях, решающих задачу распознавания речи, в том числе о глубоких нейронных сетях. Изучены работы, описывающие методы, использованные для транскрипции именно совещаний. Протестирована корректность результатов работы выбранной глубокой нейронной сети путем наложения на исходные аудиозаписи белого шума разной мощности. Усредненные результаты приведены рис. 2. Из них следует, что DeepSpeech хорошо справляется с распознаванием речи даже из зашумленной аудио записи. Оценка корректности производилась на основе WER (Word error rate) [3] – общепринятой метрики производительности систем распознавания речи.

В дальнейшем необходимо обучить нейронную сеть распознаванию русской речи и реализовать алгоритм поиска запрошенной человеком информации, прозвучавшей на совещании.

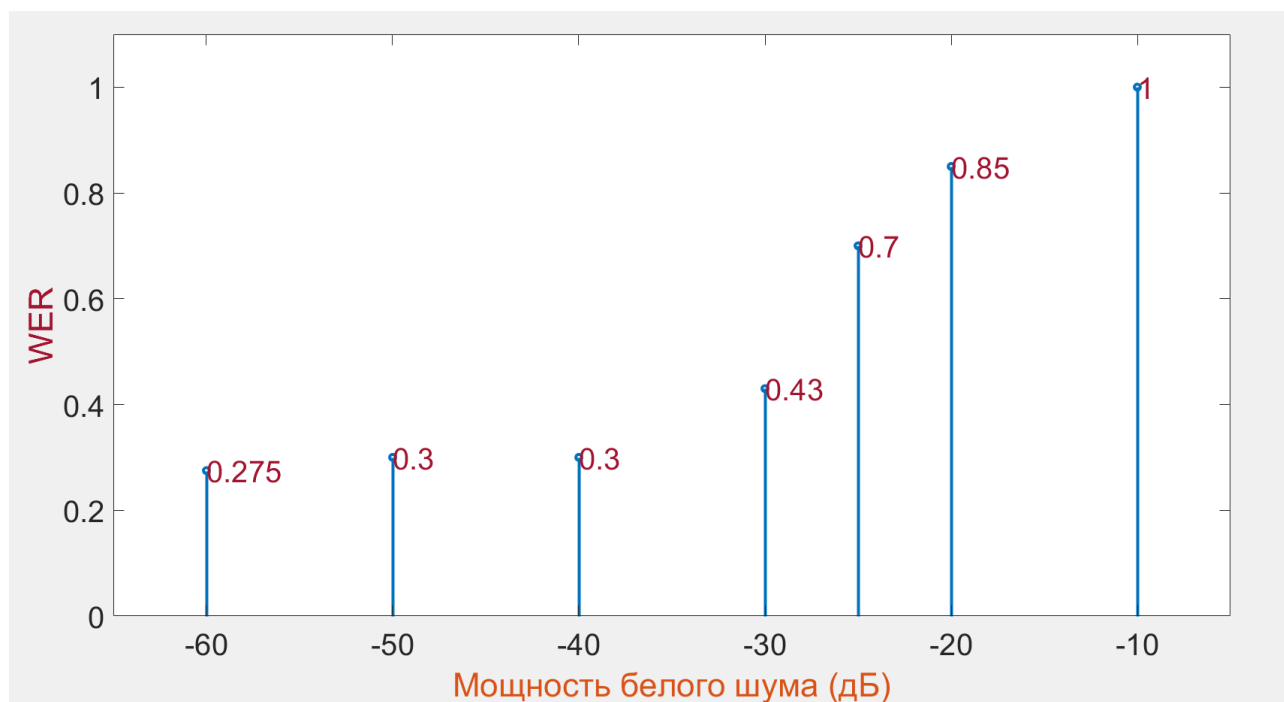


Рис. 2. Результаты тестирования DeepSpeech

Библиографический список

1. Deep Speech: Scaling up end-to-end speech recognition / A. Hannun, C. Case, J. Casper et. al. URL: <https://arxiv.org/pdf/1412.5567.pdf> (дата обращения: 06.05.2019).
2. Deep Speech 2: End-to-End Speech Recognition in English and Mandarin / D. Amodei, S. Ananthanarayanan, R. Anubhai et. al. URL: <https://arxiv.org/pdf/1512.02595.pdf>. (дата обращения: 06.05.2019).
3. Thoma M. Word Error Rate Calculation. URL: <https://arxiv.org/pdf/1512.02595.pdf> (дата обращения: 06.05.2019).

УДК 51-74

Д. А. Мурашов

студент кафедры компьютерных технологий и программной инженерии

В. И. Сеньченков – доктор технических наук, профессор – научный руководитель

ПОСТРОЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ВИДОВ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ГРУППИРОВКОЙ И РАНЖИРОВАНИЕМ ОБУЧАЮЩИХ ОБРАЗОВ

В рамках данной статьи приводится теоретико-множественная формулировка задачи построения изображений, рассматривается процедура построения оптимального изображения вида технического состояния на основе алгоритма Роббинса – Монро, а также процедуры группировки и ранжирования, позволяющие более рационально использовать априорную информацию о виде технического состояния.

Наблюдаемое техническое состояние системы представляется в виде вектора:

$$F_{\langle v \rangle} = (f_1, f_2, \dots, f_v)^T, \quad (1)$$

где компоненты f_j вектора (1) есть траектории выходных переменных, некие физические величины, зафиксированные на некотором временном интервале T_j . Таким образом, f_j могут рассматриваться как функции от времени $f_j(t)$, определенные на T_j .

Диагностирование системы возможно в тех случаях, когда траектории f_j выходных переменных преобразованы в совокупность количественных характеристик, однозначно определяющих поведение системы на множестве T_j . В связи с этим рассматривается вектор нормированного наблюдаемого состояния:

$$Y_{\langle n \rangle} = (y_1, y_2, \dots, y_n)^T, \quad \text{где } n = \sum_{j=1}^v n_j, \quad (2)$$

где n_j – размерность вектора, полученного в результате некоторого преобразования траектории f_j .

Для перехода от $F_{\langle v \rangle}$ к $Y_{\langle n \rangle}$ используется взаимно-однозначное отображение $\Psi: \mathcal{F} \rightarrow \mathcal{Y}$, где \mathcal{F} – множество всех векторов наблюдаемого состояния $F_{\langle v \rangle}$, а \mathcal{Y} – множество всех векторов нормированного наблюдаемого состояния (2). Задание отображения Ψ описано в работах [1–2].

На множестве \mathcal{Y} может быть выделено m подмножеств, каждое из которых соответствует определенному виду технического состояния: $\{\mathcal{Y}^1, \mathcal{Y}^2, \dots, \mathcal{Y}^m \mid \mathcal{Y}^i \subset \mathcal{Y}\}$.

Множества \mathcal{Y}^i векторов нормированных наблюдаемых состояний могут пересекаться между собой, затрудняя установление конкретного вида технического состояния q_i . В связи с этим каждое множество \mathcal{Y}^i целесообразно заменить вектором E_i^* , который представляет всю область \mathcal{Y}^i :

$$E_i^* = (e_{i1}^*, e_{i2}^*, \dots, e_{in}^*)^T. \quad (2)$$

Вектор (3) называется изображением i -го вида состояния.

Исходными данными для задачи построения оптимального изображения вида технического состояния (3) является множество всех видов технического состояния системы:

$$Q = \{q_i \mid i = \overline{1, m}\} \quad (3)$$

и обучающая выборка, состоящая из обучающих образов в виде векторов нормированных наблюдаемых состояний, сопоставленных с видами технического состояния q_i :

$$\bar{\mathcal{Y}}^1 = \{Y_k^1 \mid k = \overline{1, N^1}\}, \quad (4)$$

...

$$\bar{\mathcal{Y}}^m = \{Y_k^m | k = 1, \overline{N^m}\}.$$

N^i – количество обучающих образов для i -го вида технического состояния, а Y_k^i – векторы нормированного наблюдаемого состояния вида (2).

Построение изображения для i -го вида технического состояния осуществляется итеративно с применением алгоритма Роббинса – Монро [3–5]:

$$E_i(k+1) = E_i(k) - b_k [E_i(k) - G(Y(k))], \quad (5)$$

где k – номер шага; b_k – последовательность, удовлетворяющая условиям:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} b_k = 0, \quad \sum_{k=1}^{\infty} b_k = \infty, \quad \sum_{k=1}^{\infty} b_k^2 < \infty.$$

$G(Y(k))$ – результат разложения обучающего образа $Y(k)$ по ортогональному тригонометрическому базису [6] (далее – G -преобразование). Использование ортогонального тригонометрического базиса при построении изображения обосновано в [2].

$$G(Y) = (g_1(Y), g_2(Y), \dots, g_n(Y)), \quad (6)$$

$$g_r(Y) = \begin{cases} \delta_{rj} \sin ky_j, & k = \frac{j+1}{2}, \text{ если } j - \text{нечетное} \\ \delta_{rj} \cos ky_j, & k = \frac{j}{2}, \text{ если } j - \text{четное} \\ r, j = \overline{1, n} \end{cases} \quad (7)$$

Процедура (6) построения изображения (3) производится для каждого из m видов технического состояния (4). В качестве начального приближения $E_i(k=1)$ берется произвольный G -преобразованный обучающий образ из $\bar{\mathcal{Y}}^i$.

Применение процедуры (6) при $k \rightarrow \infty$ позволяет получить оптимальное изображение E_i^* i -го вида технического состояния:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} E_i(k) = E_i^* \quad (8)$$

такое, что расстояние ρ в G -преобразованном евклидовом пространстве $G(\mathcal{Y})$ между оптимальным изображением E_i^* и всеми элементами $G(\mathcal{Y}^i)$ будет минимальным:

$$\sum_{\rho: Y_p^i \in \mathcal{Y}^i} \rho(E_i^*, G(Y_p^i)) = \min_{E_i(k) \in G(\mathcal{Y}^i)} \left\{ \sum_{\rho: Y_p^i \in \mathcal{Y}^i} \rho(E_i(k), G(Y_p^i)) \right\}.$$

Для практического использования процедуры (6) теоретическую сходимость (9) при $k \rightarrow \infty$ приходится заменять искусственными условиями остановки (насыщения): например, определяемыми расстояниями в G -преобразованном евклидовом пространстве между изображениями (6) на текущем и предыдущем шагах.

Работы [7–9] предполагают произвольную последовательность использования обучающих образов. Однако убывающий характер последовательности b_k в составе процедуры (6) построения изображения (3) для i -го вида технического состояния приводит к тому, что «значимость» используемого обучающего образа убывает с ростом шага k . В связи с этим для увеличения скорости сходимости обучающей процедуры целесообразно сперва использовать образы, наиболее типичные для данного

вида технического состояния, после – менее типичные, и так далее до исчерпания обучающей выборки.

Скорость сходимости φ выражается через количество неиспользованных обучающих образов:

$$\varphi = 100 \left(1 - \frac{N^i - \bar{N}^i}{N^i} \right). \quad (9)$$

\bar{N}^i – количество обучающих образов, не использованных потому, что было выполнено условие насыщения. N^i – размер обучающей выборки. Предполагается, что описанная ниже процедура позволит увеличить скорость сходимости.

Процедура состоит из двух этапов. Первый этап, группировка, состоит в том, что обучающая выборка \bar{Y}^i разбивается на l множеств \mathcal{X}_k^i посредством группировки эквивалентных обучающих образов из \bar{Y}^i вокруг эталонов $\tilde{Y}_k^i \in \bar{Y}^i$ в некоторой окрестности δ . Окрестность определяется погрешностью измерений при регистрации траектории (1).

Каждый эталон выбирается из обучающей выборки случайно, после чего осуществляется группировка в окрестности δ . Эта процедура выполняется до исчерпания обучающей выборки \bar{Y}^i .

Формально результат группировки вокруг эталонов можно представить следующим образом:

$$\bigcup_{k=1}^l \mathcal{X}_k^i = \bar{Y}^i, \quad \forall q \neq r: \mathcal{X}_q^i \cap \mathcal{X}_r^i = \emptyset, \\ \tilde{Y}_k^i \in \mathcal{X}_k^i, \quad \forall Y^i \in \mathcal{X}_k^i: \rho(\tilde{Y}_k^i, Y^i) \leq \frac{\delta}{2}.$$

Множество \mathcal{X}_k^i называется группой эквивалентных обучающих образов.

После того как группы эквивалентных обучающих образов сформированы, выполняется процедура их ранжирования на основе мощности. Ранжирование групп выполняется с целью определения последовательности использования обучающих образов. Таким образом, формируется упорядоченное множество:

$$\{\mathcal{X}_1^i, \mathcal{X}_2^i, \dots, \mathcal{X}_l^i \mid a \leq b \Leftrightarrow |\mathcal{X}_a^i| \geq |\mathcal{X}_b^i|\}. \quad (10)$$

В соответствии с последовательностью использования обучающих образов, определяемой сформированным множеством (11), выполняется формирование изображений в соответствии с процедурой (6). При этом последовательность использования образов, принадлежащих одной группе эквивалентных обучающих образов, остается произвольной.

Таким образом, была рассмотрена процедура построения изображений видов технического состояния с предварительной группировкой и ранжированием. Рассмотренная процедура может быть использована в качестве теоретической основы для программной реализации процедуры построения изображений видов технического состояния.

Библиографический список

1. Сеньченков В. И. Модели, методы и алгоритмы анализа технического состояния. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. 377 p.
2. Сеньченков В. И. Математический аппарат диагностирования сложных технических систем // Изв. вузов. Приборостроение. 2016. Т. 59. № 7. С. 547–557.
3. Ту Д., Гонсалес Р. Принципы распознавания образов: пер. с англ. М.: Мир, 1978. 411 с.
4. Фукунага К. Введение в статистическую теорию распознавания образов: пер. с англ. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. 368 с.
5. Вазан М. Стохастическая аппроксимация; пер. с англ. М.: Мир, 1972. 296 с.
6. Суетин П. К. Классические ортогональные многочлены, изд. 2-е, доп. М.: Наука, 1979. 416 с.

7. Дмитриев А. К., Мальцев П. А. Основы теории построения и контроля сложных систем. Л.: Энергоатомиздат, 1988. 192 с.
8. Биргер И. А. Техническая диагностика. М.: Машиностроение, 1978. 240 с.
9. Основы технической диагностики (Модели объектов, методы и алгоритмы диагноза) / Под ред. П. П. Пархоменко. М.: Энергия, 1976. 464 с.

УДК 004.023

М. А. Мурашова

студентка кафедры компьютерных технологий и программной инженерии

С. В. Щекин – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

СИМУЛЯЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ПЕШЕХОДОВ НА ОСНОВЕ МУРАВЬИНОГО АЛГОРИТМА

В данной работе рассматривается вариант применения муравьиного алгоритма [1] для симуляции поведения пешеходов, который в дальнейшем будет использован при разработке программного продукта, прогнозирующего появление пешеходных троп. Реализация программного средства на основе изложенного ниже подхода позволит оптимально прокладывать пешеходные пути. Его использование позволит на ранних этапах проектирования мелкой инфраструктуры выявить неоптимальные решения, что позволит уменьшить расходы на исправления ошибок проектирования городской среды.

Муравьиный алгоритм моделирует поведение муравьиной колонии [2]. Каждый муравей, прокладывая путь от муравейника к источнику пищи и обратно, оставляет на своем пути феромон, по которому ориентируются остальные особи. Основной круг задач, в которых применяются муравьиные алгоритмы, связан с поиском кратчайшего пути: чем больше феромонов скапливается на пути к целевой вершине, «источнику пищи», тем чаще он используется, что указывает на его (пути) оптимальность (рис. 1).

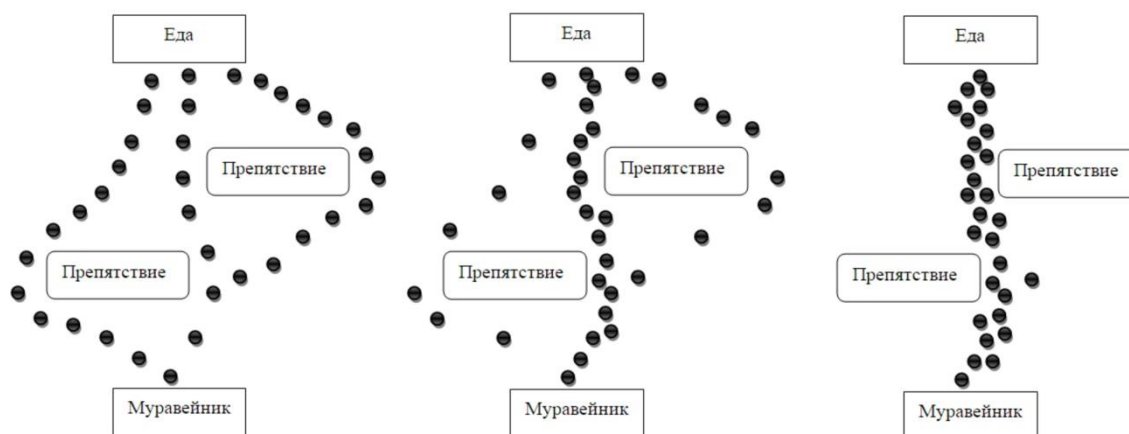


Рис. 1. Поиск оптимального пути муравьиной колонией

Муравьиный алгоритм подразумевает выполнение следующих последовательных шагов [3].

На начальном этапе производится инициализация муравьев в инициальных вершинах. Муравьи помещаются в заданные начальные точки графа переходов.

После того как произведена инициализация, муравьи начинают случайным образом двигаться по вершинам. Вероятность перехода из вершины i в вершину j графа определяется по формуле:

$$P_i = \frac{l_i^q \cdot f_i^p}{\sum_{k=0}^N l_k^q \cdot f_k^p}, \quad (1)$$

где P_i – вероятность перехода; l_i – привлекательность ребра (i, j) , которая определяется формулой

$l_i = \frac{1}{d_{ij}}$, где d_{ij} – расстояние между вершинами i и j ; f_i – количество феромона на ребре

(i, j) ; p, q – параметры, определяющие важность составляющих уровня феромонов и веса ребра при выборе пути.

После каждой итерации моделируется испарение феромонов во избежание их бесконечного накопления на ребрах, и как следствие, выбора неоптимального маршрута. Пересчет феромона выполняется для каждого ребра по завершении каждой итерации в соответствии с формулой:

$$\tau_{ij} = (1 - \rho) \cdot \tau_{ij} + \Delta\tau_{ij}, \quad (2)$$

где $\tau_{i,j}$ – количество феромона на ребре (i, j) ; ρ – параметр, контролирующий скорость испарения феромона; $\Delta\tau_{i,j}$ – количество отложенного муравьем феромона, которое определяется как:

$$\Delta\tau_{ij}^k = \begin{cases} \frac{1}{L_k}, & \text{если муравей переходит по ребру } (i, j), \\ 0 & \end{cases} \quad (3)$$

где L_k – стоимость k -го пути муравья (длина).

Итерационный процесс завершается по достижении заданного количества итераций, требуемого качества решения или если все муравьи завершили поиск маршрута.

Применительно к рассматриваемой задаче составляющие муравьиного алгоритма могут быть интерпретированы следующим образом: точки интереса, такие как станции метро, магазины, точки общественного питания и прочие, могут рассматриваться как целевые вершины, путь к которым необходимо проложить, а жилые дома – как инициальные вершины.

Граф предлагается представить как квадратную сетку, наложенную на картографическую подложку. В этом случае решается проблема определения параметров вершин, поскольку все они могут быть вычислены на основе имеющейся на подложке картографической информации. Участки местности, не предназначенные для использования пешеходами, автоматически определяют таким образом множество «запрещенных вершин» с низкими значениями привлекательности I_j . Ребрам графа, совпадающим с асфальтированными дорогами, сопоставляется инициальная порция феромона, а вершинам, образующим эти ребра, присваиваются более высокие значения привлекательности I_j . При этом подбор параметров производится эвристически.

Предлагается создать симуляцию, в которой комбинаторно будут производиться на одном и том же графе параллельные симуляции поиска путей для всех возможных сочетаний инициальных и искомых вершин. Таким образом, по результатам симуляции ребрам графа, лежащим на оптимальных путях, будет присвоено наибольшее количество феромона.

Подграфы, интерпретируемые в постановке данной задачи как запрещенные, будут также иметь существенное количество феромона, если они лежат на оптимальном пути. Предполагая все предыдущие параметры постоянными, возможно, подобранными эмпирически, встает задача определить, какое пороговое значение феромона на ребре соответствует фактической вытоптанности. Вытоптанность в данном случае является бинарным параметром.

Таким образом, был предложен подход к построению симуляционной модели движения пешеходов с применением муравьиного алгоритма. Имеющийся пример решения сходной задачи с применением муравьиного алгоритма [4] позволяет предположить, что предложенный подход практически оправдан.

Библиографический список

1. Штовба С. Д. Муравьиные алгоритмы // Exponenta Pro. Математика в приложениях. 2003. № 4. С. 70–75.
2. Dorigo M. Optimization, learning and natural algorithm. Ph. D. thesis, Politecnico di Milano, Italy, 1992.
3. Dorigo M., Stützle T. Ant Colony Optimization, Massachusetts Institute of Technology, 2004. 306 p.
4. Кочегурова Е. А., Мартынов Я. А., Мартынова Ю. А. Алгоритм муравьиных колоний для задачи проектирования рациональных маршрутных сетей городского пассажирского транспорта // Вестник СибГУТИ, 2014. № 3. С. 89–100.

УДК 519.83

И. Н. Плешанов

студент кафедры компьютерных технологий и программной инженерии

М. В. Фаттахова – кандидат физико-математических наук, доцент – научный руководитель

ДОСТАТОЧНОЕ КОЛИЧЕСТВО ПАТРУЛИРУЮЩИХ ДЛЯ ПРОИЗВОЛЬНОГО ГРАФА

1. Постановка задачи

Под игрой патрулирования на графе будем понимать следующий набор объектов $G = \langle P, A, Q, S_1, S_2, H \rangle$, в котором:

P – патрулирующие;

A – атакующий;

Q – неориентированный связный граф. Вершины графа будем обозначать $q_j, j = \overline{1..n}$. Две разные вершины могут соединяться одним ребром. Для удобства обозначим $Q = \langle V, E \rangle$ как множество вершин и множество ребер соответственно.

S_1, S_2 – множества стратегий игроков;

S_1 – множество стратегий патрулирующих. Элемент множества S_1 представляет собой пути патрулирования:

$$u = v_{k_1} - v_{k_2} - \dots - v_{k_T}, \text{ где } \forall j = \overline{1..T} : v_{k_j} \in V, 1 \leq k_j \leq n, T \geq 1, \forall t = \overline{1..T-1} : (v_{k_t}; v_{k_{t+1}}) \in E$$

T – время игры.

Дополнительно стоит заметить, что переход между двумя вершинами занимает 1 ед. времени, следовательно, под T также можно понимать длину пути патрулирующего.

S_2 – множество стратегий атакующего. Элемент множества представим в виде $w = (t, v)$, где $t \in [1..T - m]$ – время посещения вершины v .

m – время, которое необходимо атакующему для проведения атаки;

H – функция выигрыша патрулирующего. Под выигрышем понимается вероятность поимки патрулирующим атакующего игрока. Введем вспомогательную функцию:

$$h(u, w) = \begin{cases} 0, \forall j = \overline{1..m} : v_{t+j} \neq v \\ 1, \exists j = \overline{1..m} : v_{t+j} = v \end{cases}.$$

Если $h(u, w) = 1$, то будем говорить, что путь патрулирующего u ловит атаку w .

Введем в рассмотрение смешанные стратегии игроков. Обозначим через $x = (x_1, x_2, \dots, x_{|S_1|})$ – смешанную стратегию патрулирующего P , а через $y = (y_1, y_2, \dots, y_{|S_2|})$ – смешанную стратегию атакующего A , x_i – вероятности выбора стратегии i из множества S_1 а y_j – стратегии j из множества S_2 .

Соответственно $x_i \geq 0, \sum_{i=1}^{|S_1|} x_i = 1, y_j \geq 0, \sum_{j=1}^{|S_2|} y_j = 1$. Таким образом, функция выигрыша будет иметь вид:

$$H(x, y) = \sum_{i=1}^{|S_1|} \sum_{j=1}^{|S_2|} x_i y_j h(u_i, w_j).$$

Обозначим множество смешанных стратегий патрулирующего как χ , где χ_i – элемент множества, то есть смешанная стратегия. Также обозначим множество смешанных стратегий атакующего как Υ , где Υ_j – элемент этого множества.

Ситуацией в игре будем называть пару (χ_i, Υ_j) , где $\chi_i \in \chi$ – смешанная стратегия патрулирующего, а $\Upsilon_j \in \Upsilon$ – смешанная стратегия атакующего.

2. Достаточное количество патрулирующих для произвольного графа

Так как поиск оптимальной стратегии для произвольного графа с произвольным временем атаки является трудной задачей, то на помощь может прийти нахождение стратегий близких к оптимальным. Ценой игры в таком случае будет минимальная вероятность поимки по всем вершинам графа. Выбор именно такой оценки объясняется прежде всего тем, что атакующий, как правило, выбирает для атаки не случайную вершину, а такую, которую в зависимости от структуры графа, патрулирующий будет посещать реже.

Введем в рассмотрение некоторые шаблоны для построения путей патрулирования на произвольном графе:

1. «Циклический» шаблон – под этим шаблоном будем понимать выделение в графе гамильтоновых подграфов вершинам которых будет происходить патрулирование.
2. «Линейный» шаблон – под этим шаблоном будем понимать выделение в графе связного подграфа, содержащего 2 висячие вершины (вершина, из которой выходит ровно одно ребро).
3. Шаблон «Дерево» – выделение в графе ациклического подграфа.

2.1. «Циклический» шаблон

Выделение в графе, если такое возможно, циклов является наиболее рациональным решением, так как такое решение позволяет минимизировать количество узлов, которые посещаются чаще других. В случае же, если граф изначально является гамильтоновым, может быть получено необходимое и достаточное количество патрулирующих, то есть оптимальное решение.

Общая формула вероятности поимки для данного циклического графа с n вершинами и временем атаки m :

$$p(n, m) = \min\left(1, \frac{m}{n}\right).$$

В данном случае рассматривается стратегия, согласно которой патрулирующий проходит последовательно по всем вершинам графа. Стартовая вершина и направление движения, патрулирующего выбираются случайно.

2.2. «Линейный» шаблон

Выделение в графе подобного вида подграфов является относительно простым с алгоритмической точки зрения.

Общая формула вероятности поимки для линейного графа с l вершинами и временем атаки m (при $l > 2$):

$$p(l, m) = \min\left(1, \frac{m}{2 \cdot (l - 1)}\right).$$

В данном случае рассматривается стратегия, согласно которой патрулирующий проходит по направлению от одной висячей вершины к другой и обратно, обходя тем самым все вершины. Стартовая вершина и направление движения, патрулирующего выбираются случайно.

2.3. Шаблон «Дерево»

Использование на графе такого рода шаблона наиболее простым способом построения подграфов, так как в любом связном графе можно выделить такой граф отбросив «лишние» связи между вершинами, образующие циклы.

Общая формула вероятностей поимки патрулирующим атакующего для дерева с k вершинами и временем атаки m (при $k > 2$):

$$p(k, m) = \min\left(1, \frac{m}{2 \cdot (k - 1)}\right).$$

В данном случае рассматривается стратегия, согласно которой патрулирующий проходит все вершины графа, минимизируя при этом количество повторно посещенных вершин.

3. Значение параметра m для произвольного времени атаки и времени перехода между вершинами

Пусть t_a – реальное время атаки (в минутах или других ед. измерения), t_p – время перехода между вершинами (в тех же единицах измерения что и t_a).

Сделаем предположения:

- в каждый момент времени, кроме $t = n \cdot t_p, n \in N$ патрулирующий находится в какой-либо вершине и, в случае нападения на эту вершину атакующим, последний считается пойманным, а время нахождения в каждой вершине равняется t_p ;

- атакующий знает время начала патрулирования и значение t_a .

Тогда атака в моменты времени $t = n \cdot t_p, n \in N$ является оптимальной для произвольного t_a .

Библиографический список

1. Alpern S., Morton A., Papadaki K. Optimizing randomized patrols // Operational Research Group 2009. P. 392–419.
2. Мазалов В. В. Математическая теория игр и приложения: учеб. пособие. СПб.: Лань, 2010. 448 с.
3. Гусев В. В., Мазалов В. В. Оптимальные стратегии в игре патрулирования на графе // Вестн. СПб ун-та. Сер. 10. Прикл. матем. информ. проц. упр. 2015. С. 61–76.

УДК 629.735.33

А. В. Савин

студент кафедры компьютерных технологий и программной инженерии

Е. В. Копкин – процессор, доктор технических наук, доцент – научный руководитель.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЩЕКорабЕЛЬНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ В СОСТАВЕ ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ

На сегодняшний день многие сложные технические объекты используют гидравлические механизмы. Еще в Древнем Риме были изобретены первые гидравлические трубопроводы, которые подводили пресную воду к городу, а первые центробежные насосы начали создавать уже в XVII в. [1]. Сегодня гидродинамические свойства жидкости применяют в работах гидроприводов и гидромоторов в различных сферах техники и промышленности [2] во многом благодаря несжимаемым свойствам жидкости, способной совершать полезную работу.

Неисправность гидравлических механизмов может быть катастрофической для технического сооружения или для здоровья людей. Так, 17 августа 2009 г. произошла авария на Саяно-Шушенской ГЭС [3], которая возникла, по версии источника, по причине разрушения гидроагрегата, не выдержавшего вес поступившей воды. Неисправность вовремя не выявили и случилась катастрофа. 3 октября 1986 г. во время учений произошла катастрофа атомной подлодки К-219 [4]. Причиной катастрофы стала детонация крылатых ракет из-за попадания в шахты забортной воды, которая попала внутрь из-за неисправного гидропривода. Обнаружив проникающую воду в ракетной шахте, экипаж не обратил внимание на серьезность ситуации, а командование приказало продолжать учения. Таким образом, в обоих катастрофах присутствовала неисправность гидравлических систем, однако обеих катастроф можно было избежать, если бы обслуживающий персонал вовремя обратил внимание на ситуацию. Обучать людей к действиям в нестандартных ситуациях помогают различные тренажерные комплексы.

На сегодняшний день имеется заказ на автоматизацию процесса создания гидравлических систем для тренажерного комплекса. Задача заключается в описании гидравлических систем на языке объектно-ориентированного моделирования и получении готовых правых частей уравнений на языке C++. В качестве этих уравнений используются уравнения Бернулли для расчета напора и его потерь в системе.

В качестве готового инструмента генерации правых частей уравнений была выбрана методология OpenModelica, а для демонстрации процесса – модель осушительной системы обитаемого подводного объекта.

Рассмотрим модель системы и определим набор ее элементов (рис. 1). Из рисунка видно, что в системе имеется один главный осушительный насос (ГОН), 8 клапанов и 5 отсеков, из которых система должна откачивать жидкость.

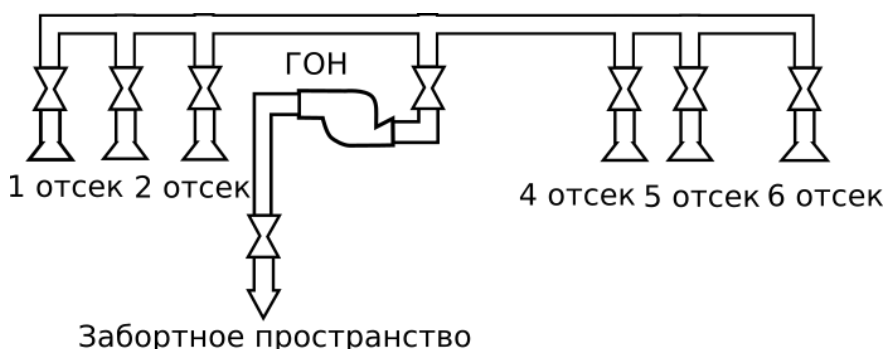


Рис. 1. Схема осушительной системы

После описания кода модели и ее компиляции, были получены выходные файлы с указанными в них правыми частями уравнений. После формирования приложения, была смоделирована аварийная ситуация (рис. 2), в соответствии с которой подводный объект, находясь на глубине в 20 м и с дифференцем 20^0 на нос, оказался с затопленным первым отсеком (объем жидкости составляет 100 м^3).

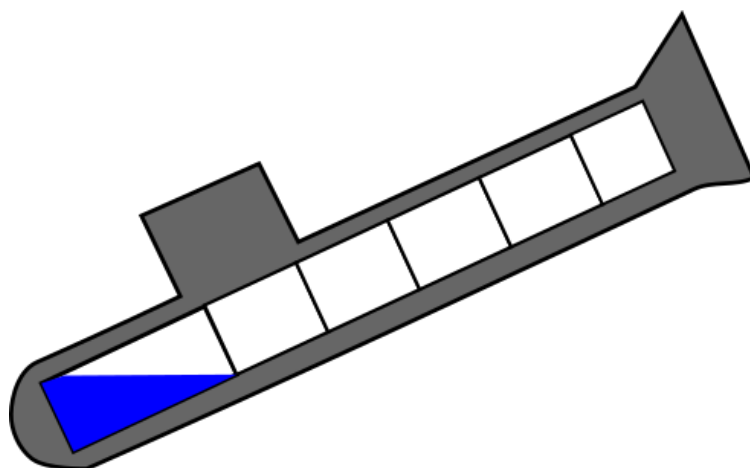


Рис. 2. Визуальная демонстрация аварийной ситуации

После открытия клапана первого отсека на 30 секунде видно, что жидкость самотеком не уходит. Для откачки воды на 38 секунде включается ГОН и в баке появляется положительный расход, что свидетельствует об откачке воды (рис. 3 и 4).

Как видно из рис. 5, вся жидкость из отсека была полностью удалена примерно на 2500 секунде от момента включения насоса.

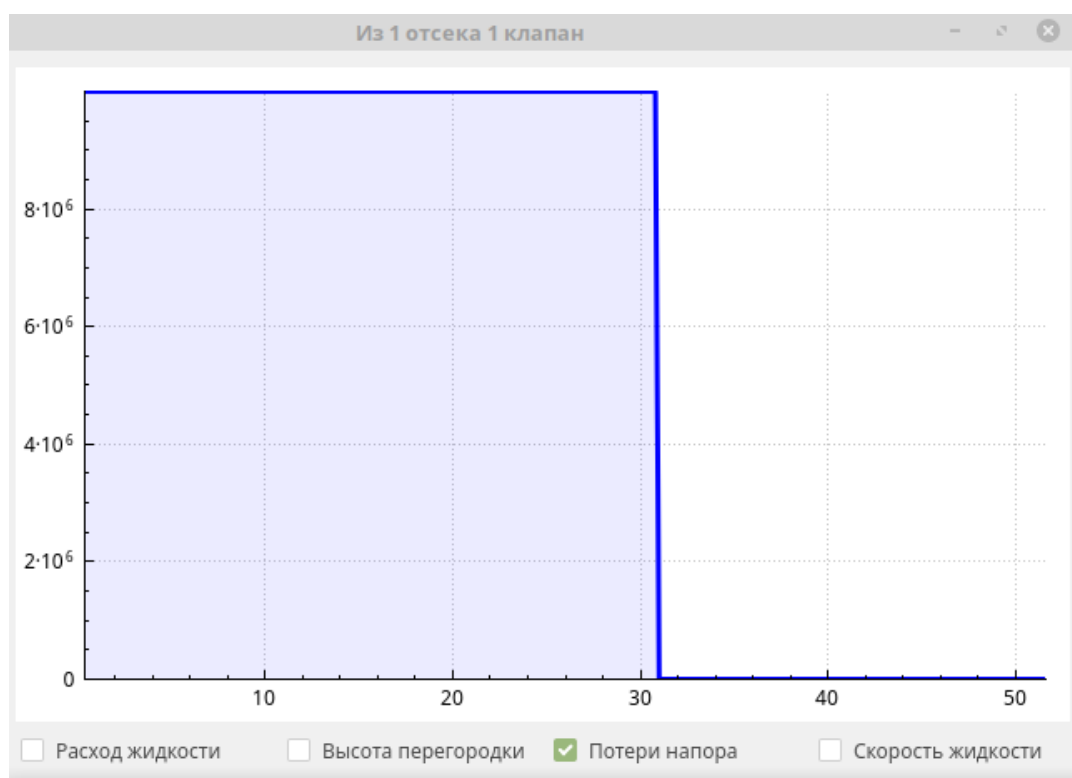


Рис. 3. Потери напора, свидетельствующие об открытии клапана

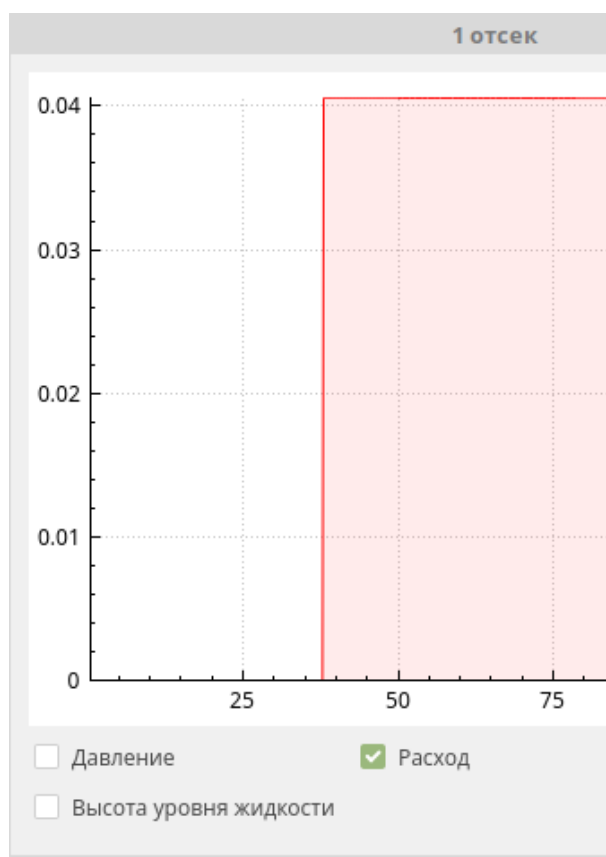


Рис. 4. Возникновение расхода

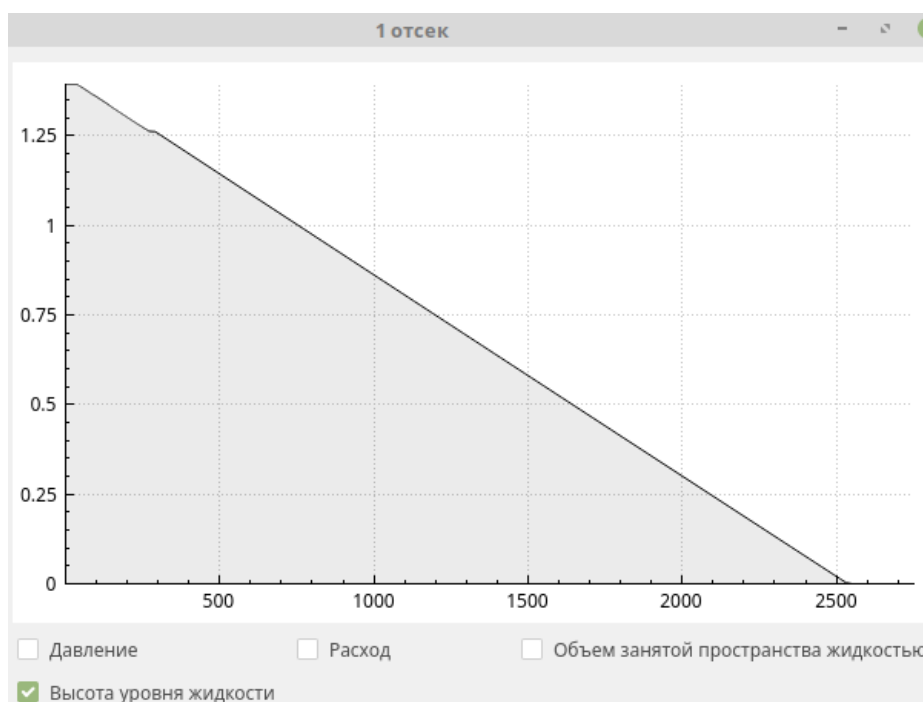


Рис. 5. Высота уровня жидкости

Разработанная модель является частью общей модели тренажерного комплекса. Входными параметрами модели являются: команды на закрытие и открытие арматуры системы; параметры давления в отсеках; глубина и дифференциал объекта. Выходными параметрами являются: теоретический расход жидкости; скорость и давление. Параметры количества жидкости в отсеке может задавать модель другой системы тренажерного комплекса.

Разработанная компьютерная имитационная модель показала, что получение правых частей уравнений Бернулли для осушительной системы возможно. В качестве направлений дальнейших исследований следует отметить необходимость разработки моделей других систем тренажерного комплекса с использованием методологии OpenModelica.

Библиографический список

1. История существования гидравлических машин. URL: <https://gigabaza.ru/doc/31118.html> (дата обращения: 07.03.2019).
2. Гидропривод и средства автоматизации. URL: <http://www.hydront.ru/?id=40> (дата обращения: 07.03.2019).
3. Авария на Саяно-Шушенской ГЭС: шесть лет со дня катастрофы. URL: <https://tass.ru/proisshestiya/1382685> (дата обращения: 07.03.2019).
4. Гибель советской подлодки К-219 в 1986 году. URL: <https://news.rambler.ru/troops/38979207-gibel-sovetskoj-podlodki-k-219-v-1986-godu-chto-proizoshlo-na-samom-dele/?updated> (дата обращения: 07.03.2019).

УДК 004.93

Е. Л. Семенухин

студент кафедры компьютерных технологий и программной инженерии

М. Д. Поляк – старший преподаватель – научный руководитель

АННОТИРОВАНИЕ ВИДЕОЗАПИСЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Аннотирование видеозаписей предназначено для описания того, что происходит на видео. В данной работе рассматриваются проблемы выбора информативных кадров из видеозаписи и их дальнейшее аннотирование.

Аннотация видеозаписи может использоваться для:

- Текстового поиска по видеозаписям.
- Описания кадров во время просмотра видео.
- Эмоционального окраса текста.

Цель – разработать алгоритм, осуществляющий аннотирование видеозаписей

Задачи:

1. Выбор информативных кадров.
2. Использование нейронной сети для аннотирования кадров.
3. Создание приложения, работающего в режиме, близком к реальному времени.

Подход для аннотирования видеозаписей. В данной работе будет использованная модель нейронной сети Show and Tell для аннотирования кадров видеозаписи [1].

Модель Show and Tell является нейронной сетью, которая обучается описывать содержание изображений на наборе кортежей <изображение, текстовое описание изображения>.

Модель Show and Tell является примером нейронной сети «шифратор-дешифратор» или «кодер-декодер». Она работает путем «кодирования» изображения в векторное представление фиксированной длины, а потом «расшифровывает» представление на естественном языке описания.

Кодировщик изображений – это глубокая сверточная нейронная сеть (CNN, convolutional neural network). Этот тип сетей широко используется для распознавания и обнаружение объектов на изображениях.

Декодер – это сеть с длительной кратковременной памятью (LSTM, long short-term memory), которая обучается как языковая модель для интерпретации результата кодировки изображения.

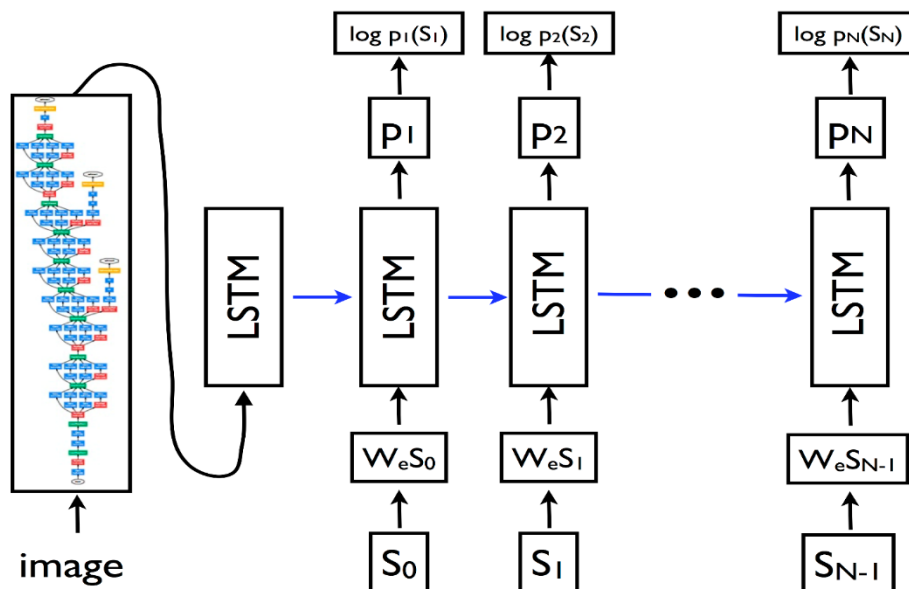


Рис 1. Модель Show and Tell

В данной работе использовалась нейронная сеть на основе модели tensorflow im2txt (Show and Tell), обученная в течение 2 млн эпох на наборе изображений с текстовыми описаниями MSCOCO [2].

Алгоритм выбора кадров для аннотирования заключается в последовательном сравнении кадров видеозаписи и выборе кадров, отличающихся от предыдущих.

Методы сравнения кадров:

1. Попиксельное сравнение.
2. Шаблонный метод.
3. Сравнение хэш-функций изображений.

В работе используется алгоритм «хэш-функция по среднему», так как он является быстрым и простым методом сравнения не только одинаковых кадров, но и кадров похожих друг на друга [3]. Пример работы алгоритма показан на рис. 2.

Алгоритм «хэш-функция по среднему»:

1. Уменьшение размера. Размер изображения уменьшается до 8 x 8, так что общее число пикселей составит 64.
2. Перевод цветовой палитры уменьшенного изображения в градации серого (grayscale).
3. Поиск среднего. Вычисляется среднее значение яркости всех пикселей для изображения в градациях серого.
4. Построение цепочки битов. Для каждого значения яркости пикселя на изображении в градациях серого получают 1 или 0 в зависимости от того, больше или меньше оно среднего значения.
5. Вычисление хэша. Перевод двоичной матрицы 8 x 8 в одно 64-битное значение.



Рис. 2. Пример работы алгоритма «хэш-функция по среднему»

Программная реализация представляет собой клиент-серверное приложение, где клиент отвечает за выбор информативных кадров, а сервер – аннотирует указанные клиентом кадры, как показано на рис. 3. На выходе программы формируется текстовый файл, содержащий номера различающихся кадров и текстовое описание каждого из них. Примеры работы приложения приведены на рис. 4 и 5.

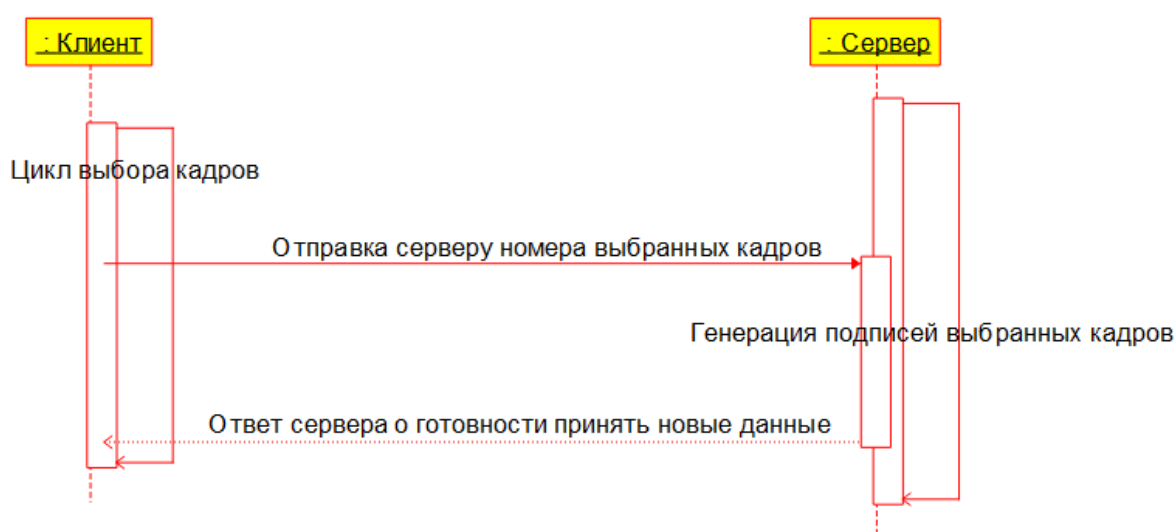


Рис. 3. Диаграмма последовательности



Рис 4. Пример кадра и текстового описания кадра в файле

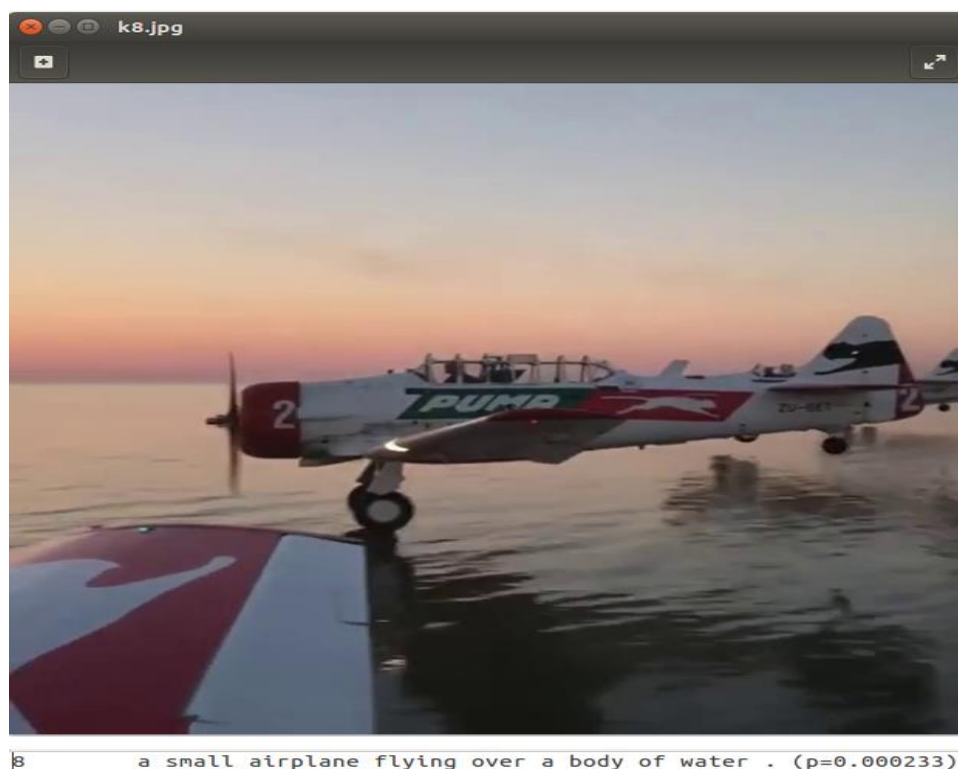


Рис 5. Пример кадра и текстового описания кадра в файле

Выводы по итогам тестирования разработанной программы:

- Точность аннотирования сильно варьирует в зависимости от присутствующих на видео объектов, что связано с ограниченностью обучающей выборки набора данных MS COCO.
- Алгоритм поиска отличающихся кадров работает существенно быстрее, чем нейросетевая модель успевает аннотировать кадры, что затрудняет аннотирование видеозаписи в реальном времени.
- Ускорить обработку длинных видеозаписей можно за счет одновременного аннотирования сразу нескольких кадров, тем самым минимизировав задержку между отображением кадра и появлением его текстового описания.

Библиографический список

1. Chris Shallue. Show and Tell: A Neural Image Caption Generator. URL: <https://github.com/tensorflow/models/tree/master/research/im2txt> (дата обращения: 12.05.2019).
2. Kranthi K. Show and Tell: A Neural Image Caption Generator. URL: <https://github.com/KranthiGV/Pretrained-Show-and-Tell-model> (дата обращения: 12.05.2019).
3. Krawetz N. Looks Like It. URL: <http://www.hackerfactor.com/blog/index.php/?archives/432-Looks-Like-It.html> (дата обращения: 12.05.2019).

УДК 004.921

Ю. А. Хмелева, И. Е. Газизов

студенты кафедры компьютерных технологий и программной инженерии

С. В. Щекин – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

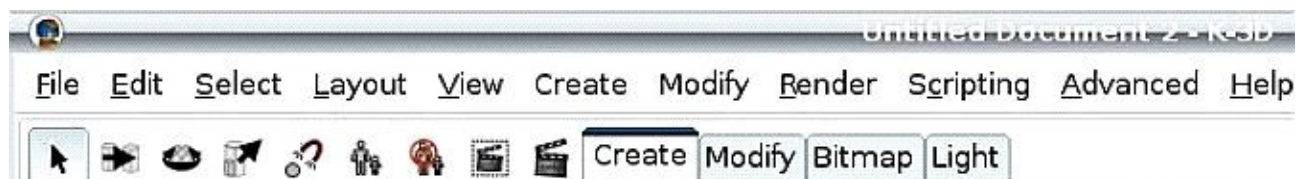
ЛОКАЛИЗАЦИЯ ИНТЕРФЕЙСА СРЕДЫ К-3D ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ

Рассмотрим на примере редактора k-3D процесс адаптации пользовательского интерфейса в свободно распространяемом программном продукте с открытыми исходными текстами.

K-3D – программное обеспечение, система 3D-моделирования и компьютерной анимации. Является полнофункциональным и мощным редактором для создания анимированных 3D-моделей. Программа включает в себя много шаблонов и моделей, а также может расширять свои возможности моделирования с помощью установки различных плагинов. Распространяется под лицензией GPL, программа бесплатна для персонального и коммерческого использования.

Особенности данного программного обеспечения: приложение осуществляет весь спектр операций с трехмерными объектами, начиная от собственного моделирования и заканчивая созданием анимации. Позволяет активно работать с камерой – панорамирование, наклон, масштабирование. Поддержка булевых операций моделирования с использованием библиотеки GTS. Набор геометрических примитивов – конус, круг, труба, цилиндр, диск, сетка, параболоид, многогранник, сфера, тор. Поддерживает несколько типов геометрии – включая полигональные модели, моделирование в режиме subdivision, кривые Безье, поверхности NURBS.

Давайте взглянем на интерфейс данного программного обеспечения. Устанавливается пакет K-3D в автоматическом режиме, особые настройки не требуются. После окончания установки открывается главное окно:



По умолчанию пространство окна функционально разделено на область инструментов (в верхней части), которая содержит, в частности, стандартные заготовки моделей (вкладка «create») и различные инструменты для их редактирования.

Как мы видим главным недостатком у данного программного обеспечения является полное отсутствие поддержки русского языка в интерфейсе, что может затруднить работу пользователям из России и СНГ. Необходимо как-то локализовать k-3D. Есть два пути для локализации. Один – найти интерфейсные элементы в исходных текстах, поменять их и пересобрать приложение.

В версии *k3D-0.8.0.6* к интерфейсу относятся каталоги */k3D-0.8.0.6/modules*, */k3D-0.8.0.6/sdk/6k3D-0.8.0.6/modules/ngui*. Здесь (*/modules/ngui*) есть исходные тексты на с++ для различных модулей интерфейса. Можно поменять исходный код для того, чтобы локализовать среду.

Второй путь – изменение надписей в собранном приложении при помощи редактора ресурсов. Преимущество такого пути заключается в том, что не нужно пересобирать приложение из исходных текстов и исследовать исходные тексты. Недостаток – невозможность радикально изменить внешний вид и поведение интерфейса. Для этого придется менять алгоритмы и тексты программ.

Существует свободно распространяемый редактор ресурсов ResourceHacker, который позволяет просматривать и редактировать тексты в диалогах готовых приложений, изменять язык таких текстов.

Результат локализации:



Неполный код изменений:

```

110MENU
LANGUAGELANG_RUSSIAN,0x1
{
POPUP»&Файл»
{
MENUITEM»&Новый                файл.                \tCtrl+N»,57605
MENUITEM»&Открыть.              \tCtrl+O»,57601
MENUITEM»&Соединить            Ноды.                «,33935
MENUITEMSEPARATOR
MENUITEM»&Сохранить.          \tCtrl+S»,57645
MENUITEM»&Сохранить            как.                  \tShift+Ctrl+S»,57611
MENUITEMSEPARATOR
MENUITEM»&Вернуть»,33264
MENUITEMSEPARATOR
MENUITEM»&Импорт.              «,57487
MENUITEM»&Экспорт.             «,57488
MENUITEMSEPARATOR
MENUITEM»&Закрыть\tCtrl+W»,57602
MENUITEM»&Выйти\tCtrl+Q»,32788
}
}

```

В заключение, хотелось бы сказать, что k-3D обладает большим инструментарием, который почти не знает границ. Интерфейс данной программы можно оптимизировать еще очень много. Можно написать огромное количество плагинов, дополнений, использовать много сторонних программ. Мы показали лишь малую часть того, что можно сделать с k-3D. Даже простая локализация интерфейса среды позволяет многим пользователям работать в ней более комфортно.

Библиографический список

1. Официальный сайт k-3D. URL: <http://www.k-3D.org> (дата обращения: 12.04.2019).
2. K-3D – программа для создания 3D-моделей. URL: <https://hightech.in.ua/content/art-k-3D-software-for-creating-3D-models> (дата обращения: 14.04.2019).
3. K-3D. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/K-3D> (дата обращения: 11.04.2019).

УДК 681.3.068

Д. А. Чувев

магистрант кафедры компьютерных технологий и программной инженерии

М. Ю. Охтилев – доктор технических наук, профессор – научный руководитель

ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФОРМ ОТОБРАЖЕНИЯ В ЭЛЕМЕНТЫ WEB-ИНТЕРФЕЙСА

Важнейшим элементом, обеспечивающим сбор, обработку, хранение, анализ и отображение технологической, измерительной и отчетной информации при проведении испытаний объектов ракетно-космической техники, является автоматизированная система управления подготовкой и пуском (АСУ ПП) ракет космического назначения (РКН) на технических и стартовых комплексах (ТК и СК) [1–3].

Для проектирования АСУ ПП использована среда проектирования, которая является средством разработки прикладного программного обеспечения, включающего в себя экранные формы отображения и алгоритмы анализа состояния контролируемых объектов с учетом имеющихся в базе данных исходных данных и знаний об объекте анализа [4].

Для анализа и представления консолидированной информации АСУ ПП требуется создание динамичных и всеобъемлющих форм отображения с помощью среды проектирования, которая, с одной стороны, интегрируется с системой мониторинга и сбора данных, с другой – обеспечивает гибкий интерфейс взаимодействия с базой данных АСУ ПП [4].

В процессе информационного обеспечения технологических процессов ПП РКН в АСУ ПП циркулируют разнородные потоки данных, которые должны быть обработаны, систематизированы и сохранены для последующего предоставления потребителям [2, 3].

На сегодняшний день не организована возможность получения удаленного доступа к информации АСУ ПП РКН [4], поэтому имеется актуальность в создании информационной технологии (ИТ) автоматического преобразования форм отображения для их визуализации в web-интерфейсе.

АСУ ПП – это часть интегрированной информационной системы космодрома, которая предназначена для своевременного оперативного обеспечения органов управления и лиц, принимающих решения, объективной и достоверной информацией о техническом состоянии космических комплексов и их составных частей, необходимой для принятия оперативных и действенных решений по обеспечению заданного уровня надежности космических комплексов, поддержания их в установленной готовности к использованию по назначению [1–3].

Без привлечения средств вычислительной техники, обладающей значительными мощностями (по производительности, объемам хранимой информации и т. д.) невозможно выполнение главной задачи АСУ ПП – оценка состояния ТК и СК в целом, оперативное решение вопросов, связанных с подготовкой и проведением пуска [7, 8, 11, 12].

Согласно схеме, изображенной на рис. 1 [3], персонал номеров расчетов получает измеряемую информацию с космических средств (КСр), передает ее начальникам расчета (НР), а те, в свою очередь, лицу, принимающему решение (ЛПР), для окончательного принятия решения.

В данной ситуации, ЛПР необходимо оперативно оценить состояние КСр и, на основании произведенного анализа, принять решение об их работоспособности.

Возможность получения удаленного доступа к информации АСУ ПП РКН с любого устройства (подключенного к сети экстранет) позволит без необходимости предварительной настройки АРМ сотрудников, вне зависимости от месторасположения, оперативно получать информацию о качестве функционирования и надежности КК, особенно, при возникновении нештатных (аварийных) ситуаций, которые могут привести к принятию ошибочных или несвоевременных решений по дальнейшей эксплуатации КК [1–3, 5, 6].

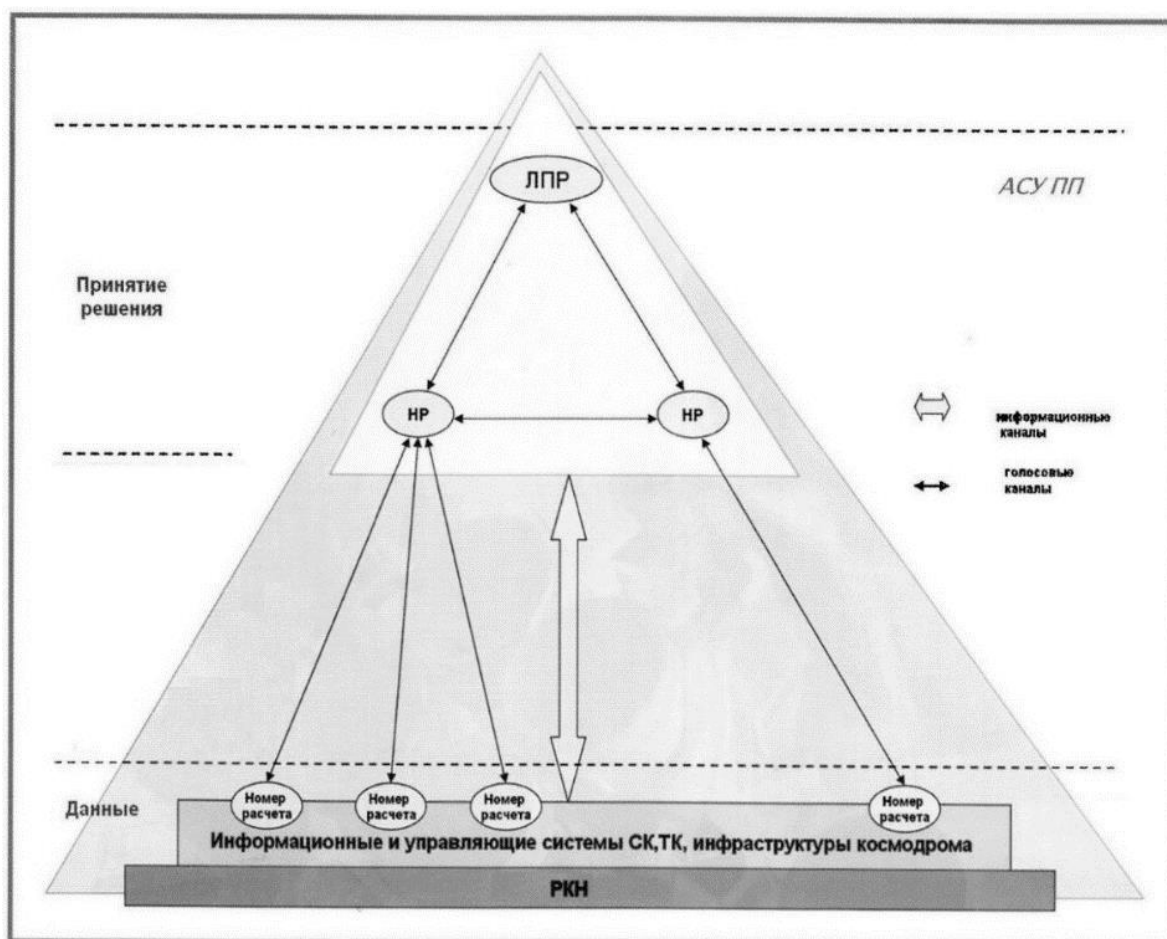


Рис. 1. Структурно-функциональная схема АСУ ПП

Целью исследования является создание ИТ автоматического преобразования форм отображения, формируемых средой проектирования, в web-страницы для публикации на web-сервере с целью получения удаленного доступа к информации АСУ ПП с любого устройства (имеющего в наличии web-браузер и доступ к сети экстранет).

Поставлены задачи проведения обзора и анализа существующих средств в области технологий автоматического преобразования пользовательских интерфейсов, создание алгоритма преобразования форм отображения и разработка программы, реализующей разработанный алгоритм.

Для проведения обзора и анализа существующих программных средств в области технологий автоматического преобразования пользовательских интерфейсов выполнен поиск технологий, позволяющих выполнять автоматическое преобразования файлов, описанных в нотации XML, было выявлено, что на сегодняшний день, для выполнения данной задачи, существует технология XSLT основанная на таблицах стилей XSL, которые определяют правила преобразования XML-файла в другие форматы, в том числе HTML. Главная причина, по которой рассмотренные программные средства, использующие технологию XSLT, невозможно использовать заключается в том, что формы отображения, формируемые средой проектирования, хоть и описаны в нотации XML, но спецификации XSLT они не соответствуют. Для использования технологии XSLT требуется определенная структура XML-файла, а также наличие XSL-файла, отвечающего за таблицу стилей, которого среда проектирования не предусматривает [7].

Алгоритм преобразования форм отображения в элементы web-интерфейса описывает правила преобразования исходного дерева файла формата TUV в конечное дерево HTML-файла. Преобразование строится путем сопоставления объектов и их свойств формы отображения с тегами HTML и каскадных таблиц стилей CSS. В результате преобразования формы отображения создается новый HTML-файл, соответствующий правилам HTML и CSS.

На этапе инициализации формы отображения выполняется построение дерева объектов и их свойств формы отображения для сохранения его в памяти, позволяя обрабатывать структуру файла формата TUW, не изменяя содержимого файла.

На этапе синтаксического анализа формы отображения, выполняется инициализация типов и списка кодов свойств. Далее выполняется синтаксический разбор узлов полученного дерева объектов и их свойств формы отображения с целью создания структур объектов, содержащих их свойства и идентификатор объекта.

На этапе построения web-интерфейса выполняется инициализация списка идентификаторов объектов, после чего, создается HTML-файл, который заполняется HTML-кодом, определяющим базовую структуру web-интерфейса.

Программа, интерфейс которой представлен на рис. 2, разработана на языке Java с использованием JavaFX. Платформа JavaFX позволяет создавать кроссплатформенные приложения для работы с мультимедийным содержимым, графические интерфейсы пользователя для бизнес-приложений и т. д. [8].

В левом списке расположены файлы формата «. tuw», являющиеся формами отображения. В правом списке расположены файлы формата «. html», являющиеся web-страницами, которые получены в результате преобразования выбранных из левого списка форм отображения. Реализована возможность обновления списка форм и web-страниц, а также добавления новых форм отображения.

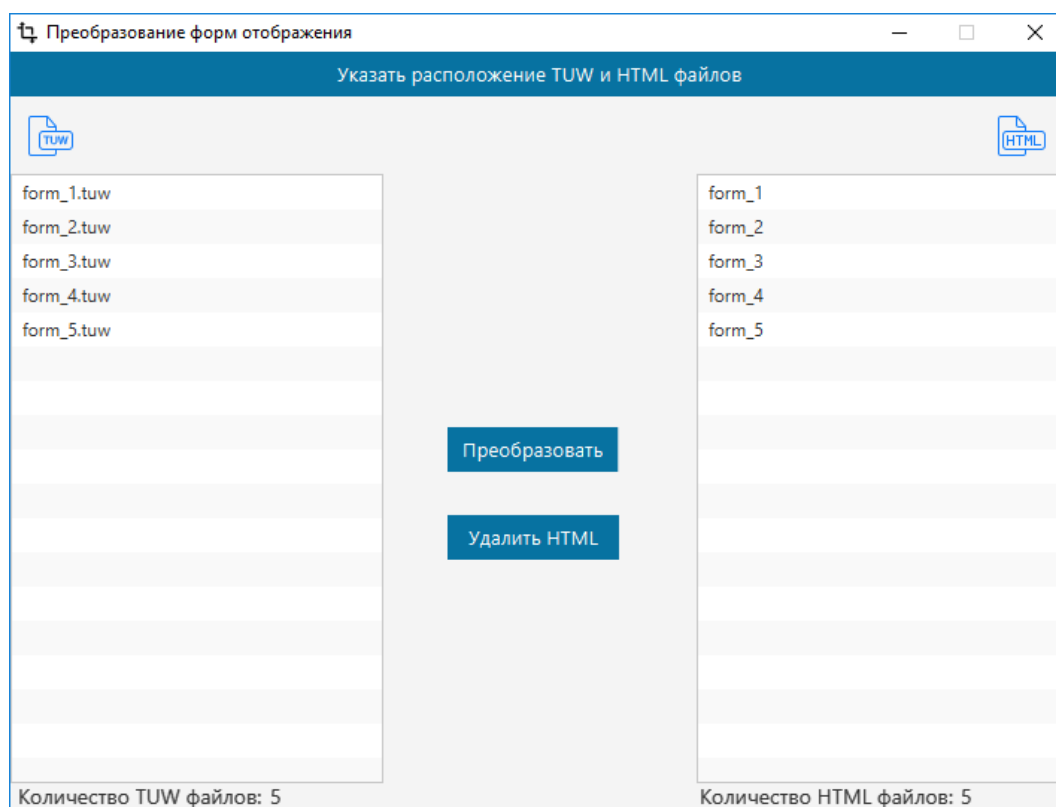


Рис. 2. Интерфейс программы

Пример преобразования формы отображения представлен на рис. 3. Сверху представлена спроектированная системой автоматического проектирования исходных данных форма отображения формата «. tuw». Снизу представлена web-страница формата «. html», полученная в результате преобразования формы отображения сверху.

Видно, что все элементы, такие как: таблица и ее ячейки, кнопка, текст, а также их свойства, такие как: цвет фона, цвет, размер и расположение таблицы и кнопки, цвет, тип и размер текста соответствуют форме отображения.

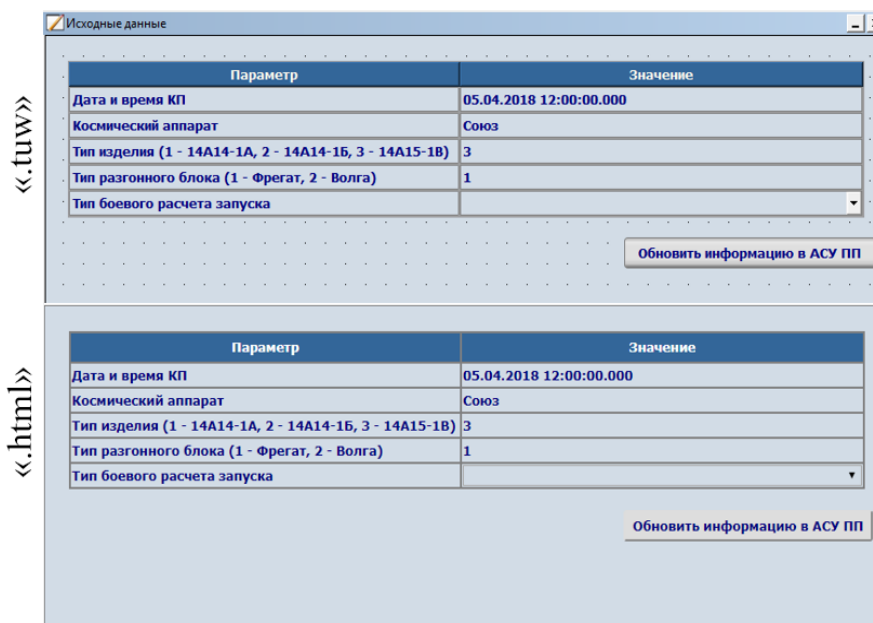


Рис. 3. Пример преобразования формы отображения

В результате, разработанная программа, реализующая разработанный алгоритм преобразования форм отображения в элементы web-интерфейса, позволит предоставить возможность удаленного доступа к информации АСУ ПП с любого устройства, путем автоматического преобразования форм отображения, формируемых средой проектирования, в элементы web-интерфейса для публикации на web-сервере.

Библиографический список

1. Каргин В. А., Майданович О. В., Охтилев М. Ю. Автоматизированная система информационной поддержки принятия решений по контролю в реальном времени состояния ракетно-космической техники // Приборостроение. 2010. № 11. С. 20–23.
2. Каргин В. А., Майданович О. В., Россиев А. Ю. Автоматизированная система управления подготовкой и пуском ракет космического назначения как корпоративная информационная система // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2010. № 7. С. 78.
3. Ахметов Р. Н., Васильев И. Е., Капитонов В. А. Автоматизированная система управления подготовкой и пуском космодрома // Авиакосмическое приборостроение. 2015. № 4. С. 3–47.
4. Охтилев М. Ю., Заозерский С. А., Россиев А. Ю. Интеллектуальный интерфейс и его использование в системах мониторинга состояния ракеты-носителя на активном участке траектории // Тр. Всеросс. НТК «Актуальные проблемы ракетно-космического приборостроения и информационных технологий» / Под ред. Ю. М. Урличича, А. А. Романова. М.: Физматлит, 2009. С. 221–227.
5. Автамонов П. Н., Бахмут А. Д., Крылов А. В. Применение технологии поддержки принятия решений на различных этапах жизненного цикла космических средств в составе системы информации о техническом состоянии и надежности // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2017. № 3. С. 173–184.
6. Бадамшин Р. А., Черняховская Л. Р., Ильясов Б. Г. Проблемы управления сложными динамическими объектами в критических ситуациях на основе знаний. М.: Машиностроение, 2003. 240 с.
7. Мангано С. XSLT: сб. рецептов. М.: ДМК Пресс; СПб.: БХВ-Петербург, 2008. 864 с.
8. Шилдт Г. Java 8. Полное руководство; пер. с англ. В. А. Коваленко. М.: Вильямс, 2012. 1377 с.

УДК 004.5

Д. А. Шастовский

студент кафедры компьютерных технологий и программной инженерии

С. В. Щекин – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ВСТРАИВАЕМЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕССЕНДЖЕРОВ ДЛЯ УДОБСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЮДЯМ – С НАРУШЕНИЕМ ВОСПРИЯТИЯ УСТНОЙ И ПИСЬМЕННОЙ РЕЧИ

Информационные технологии повышают качество жизни только в том случае, если люди умеют ими пользоваться. Из чего складывается компьютерная грамотность? В первую очередь, это основные навыки работы с компьютером, мобильным телефоном или смартфоном. Растущее поколение получает такие навыки с самых ранних лет, перенимая их у родителей и сверстников.

Принцип освоения компьютера/смартфона сегодня очень прост. Предполагается, что операционная система уже установлена, а постоянное высокоскоростное подключение к Интернету уже настроено провайдером. Покажите человеку, как включить устройство, а как им пользоваться устройство подскажет интерактивно. В теории все остальное он дальше освоит сам!

Но как помочь пользоваться устройством с клавиатурой для передачи сообщений, людям, которые не способны в полном объеме воспринимать устную и письменную речь?

Жизнь людей, с ограниченными способностями (немые, слепые, глухие) становится очень близка к жизни обычного человека благодаря развитию технологий и содействию крупных организаций в создании и поддержке таких пользователей. На данный момент проделана колоссальная работа компаниями Apple и Microsoft для упрощения освоения устройств и их операционных систем. Но что до компаний, которые предлагают программы, не включенные в ОС – они созданы для обычных пользователей (замечу что операционные системы в настоящее время все больше ориентируются на предлагаемый сторонний софт, и поддерживают свои функции помощи непосредственно в приложениях).

На данный момент существуют приложения, созданные специально для людей с нарушением навыков общения (таких как аутизм, ДЦП и синдром Дауна, а также для людей с временными нарушениями письма и речи (например, после инсульта)) [1], но этот софт предполагает отдельную иконку, интерфейс и в общем зависит от возможности найти и скачать приложение, созданное разработчиком. Этот факт полностью исключает возможность самостоятельно начать пользоваться приложениями для передачи и получения информации таким людям.

Существующие программы пиктографической трансляции сообщений

На данный момент существуют такие приложения для альтернативной коммуникации детей и взрослых с особенностями психофизического развития, имеющих нарушения навыков вербального общения, как «Stepping Stones» (создает визуальные гиды по запланированной деятельности, помогает увеличить независимость людей с такими нарушениями), «Look at me» (Учит с помощью игрового взаимодействия устанавливать контакт, распознавать эмоции, и лучше выражать собственные чувства), очень близкое по идее, но все так же исключая возможность полностью убрать зависимость от физической помощи, приложение «Сезам». [2]

Идея интернет-мессенджера нового поколения «Сезам» была представлена на хакатоне «Технологии равных возможностей», который провели в Москве Теплица социальных технологий и Институт ЮНЕСКО по информационным технологиям в образовании. Приложение создано командой разработчиков, в которую вошли специалисты по UX-проектированию и дизайну интерфейсов, дефектолог, программисты, при поддержке проекта «Теплица социальных технологий».

Последнее приложение совпадает по концепции с моим видением модуля(дополнения) для современных мессенджеров, заключается в возможности обмена информацией пользователями с нарушением навыков вербального общения друг с другом, так и с обычными пользователями с помощью специализированных пиктограмм, из которых можно составлять полноценные сообщения.

Недостаток приложения прост: для его установки требуется осведомленность о существовании такого непопулярного мессенджера, и помощь в установке и освоении функций данного мессенджера.

Собственный модуль для мессенджеров

Для устранения первого недостатка достаточно использовать не вариант отдельного приложения, а вариант встроенного дополнения ко всем общеизвестным мессенджерам и социальным сетям.

Второй недостаток можно убрать, воспользовавшись уже известной нам функцией операционных систем от крупных компаний – интерактивное и понятное обучение при первоначальной настройке мессенджера/соц. сети.

В дополнении будет доступно около 500 черно-белых пиктограмм международного образца [3], которые обозначают предметы, действия, признаки предметов, а также слова, необходимые в любом разговоре (да, нет, хочу, не хочу, спасибо, пожалуйста и пр.).

Все пиктограммы коммуникатора по умолчанию разделены по функциональным папкам: «Люди», «Время», «Место», «Действия». Кроме того, добавлен упрощенный аналог клавиатуры с русскими буквами, цифрами и основными знаками, что позволяет комбинировать в сообщениях пиктограммы и текст для создания связных грамматических конструкций.

Основные особенности модуля:

- поддержка версий модуля под программы для iOS и android, mac OS и Windows, а также как браузерное дополнение;
- подключение синтезатора речи с коррекцией окончаний при наборе графических и комбинированных сообщений;
- добавление функции увеличения масштаба для слабовидящих;
- своевременное и постоянное пополнение списка пиктограмм новыми образцами из существующей базы;
- возможность создания собственной коммуникационной папки с наиболее часто используемыми пиктограммами;
- индивидуальную сортировку пиктограмм по группам;
- возможность добавлять свои пиктограммы для индивидуального учебного процесса;
- установку опции «тревожная кнопка» для экстренного сообщения заранее выбранному человеку;
- интерфейс, адаптированный под различные группы пользователей.

В этой работе представлен концепт дополнения, как усовершенствование идеи ныне существующего, но не популярного приложения в play market – «Сезам». Для создания и внедрения модели в обиход пользователей нужно начать с привнесения идеи реализации до разработчиков известных социальных сетей и чат-клиентов. На данный момент начата реализация модели приложения для устройств iOS, за основу взято существующее приложение, написанное под устройства на android.

Библиографический список

1. Течнер С. фон, Мартинсен Х. Введение в альтернативную и дополнительную коммуникацию: жесты и графические символы для людей с двигательными и интеллектуальными нарушениями, а также с расстройствами аутистического спектра. М.: Теревинф, 2014.
2. Магазин приложений, игр, музыки и фильмов: <https://play.google.com/store>.
3. Falck K. The Practical Application of Pictogram. Specialpedagogiska institutet och Kerstin Falck. Lycksele. 2001.

УДК

В. А. Ширяев

студент кафедры компьютерных технологий и программной инженерии

А. В. Фомин – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ МИКРОСЕРВИСОВ

В наше время использование интернет ресурсов является неотъемлемой частью повседневной жизни большинства людей. Это приводит к усложнению архитектуры веб сервисов, а также увеличивает количество проблем, с которыми сталкиваются разработчики. Одним из таких вызовов является увеличение интернет аудитории и объема обрабатываемой информации. Эти факторы порождают необходимость в высоконагруженных веб-приложениях.

Говоря о высоконагруженных веб-приложениях нужно четко понимать их отличительные особенности и ограничения. Одной из таких особенностей является количество пользователей веб-приложения, то есть количество одновременно использующих приложение пользователей. Общение пользователя с приложением происходит через запрос, и ответ на него должен приходиться за приемлемое для нас и пользователя время. Исходя из вышеперечисленного допустим, что количество одновременно работающих пользователей составляет 10 млн человек, а время отклика не более 1,5 секунды. Высоконагруженное веб-приложение должно быть масштабируемым. Существует два подхода масштабируемости – вертикальное и горизонтальное. Нас интересует горизонтальное масштабирование, а именно разделение приложения на разные модули, которые можно разнести на разные серверы. Но при этом нужно учитывать нагрузку на интеграционный слой, чем больше разбиваем приложение на модули, тем больше нагрузка.

Существует несколько подходов к такому виду задачи. Например, балансировка нагрузки на веб-сервер, шардирование базы данных, облачные технологии и микросервисы. В этой статье мы обратим внимание на микросервисную архитектуру или MSA (MicroServiceArchitecture). MSA – принципиальная организация распределенной системы на основе микросервисов и их взаимодействия друг с другом и со средой по сети, а также принципов, направляющих проектирование архитектуры, ее создание и эволюцию. Эти микросервисы построены вокруг бизнес- потребностей и развертываются независимо, с использованием полностью автоматизированной среды [1]. Существует абсолютный минимум централизованного управления этими сервисами. Сами по себе они могут быть написаны на разных языках и использовать разные технологии хранения данных. Определение ограничений микросервиса один из основных шагов при проектировании веб-приложения. Основной принцип определения функционала микросервиса – сформировать ее вокруг определенной бизнес- потребности. И чем формализованней ее взаимоотношения с другими областями, тем проще создать новый микросервис.

Как и у любого решения, у микросервисов есть свои преимущества и недостатки. К первому можно отнести легкость разработки отдельных микросервисов. Он по определению компактный, поэтому его может развить минимум разработчиков. Также его можно с легкостью обновить или даже заменить, не затрагивая все веб-приложение. Микросервисы улучшают изоляцию сбоя компонентов: большие приложения могут продолжать эффективно работать, даже при неисправности какого-то отдельного модуля. Если мы имеем дело с высоконагруженным веб-приложением, можно выделить наиболее нагруженный функционал, вынести его в отдельный микросервис и мультиплицировать его в зависимости от нагрузки. Например, при увеличении количества запросов или объема информации должны автоматически создаваться дополнительные экземпляры микросервиса. К минусам микросервисной архитектуры можно отнести сложность проектирования. Структура приложения должна быть четко сформулирована, то есть разделена на микросервисы. С увеличением нагрузки на приложение растет и нагрузка на интеграционный слой. Так же нужно уделить внимание безопасности, в особенности на запросы, проходящие между модулями. Еще одним слабым местом микросервисной архитектуры является тестирование и развертывание приложения.

Таким образом, микросервисная архитектура имеют как свои преимущества, так и недостатки, зависящие в основном от задач проекта и его размера. Но можно точно сказать, что микросервисы хорошо решают задачу высокой нагрузки веб-приложения.

Библиографический список

1. *Ньюмен С.* Создание микросервисов. СПб.: Питер, 2016. 304 с.

УДК 621.376

А. В. Антонов, А. А. Залищук, С. А. Ненашев

студенты кафедры вычислительных систем и сетей

В. А. Ненашев – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ПОИСК И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ КОДО-МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

Для кодирования в системах связи и для измерения дальности используют кодовые последовательности во много раз превосходящие длины кодов, применяемых для передачи информации, а именно псевдослучайные шумовые последовательности, из которых наибольшее распространение в широкополосной связи получили m -последовательности.

Считая, что m -последовательности имеют свои достоинства и недостатки, в своей работе мы решили рассмотреть m -последовательность и модернизировать ее для дальнейшего практического использования.

M -последовательности принадлежат к разряду двоичных линейных рекуррентных последовательностей и представляют собой набор N периодически повторяющихся двоичных символов [1].

Генерация M -последовательности

Сгенерированная с помощью регистра сдвига двоичная последовательность имеет максимальную длину и является периодической с периодом $L = 2^n - 1$, где n – количество ячеек в регистре.

Линейный генератор сдвигового регистра строится на сдвиговом регистре с сумматором по модулю два. Стоит обратить внимание, что начальное состояние сдвигового регистра не может состоять из нулевой последовательности.

Регистр сдвига максимальной длины можно описать с помощью его характеристического полинома, определяемого в виде:

$$x^n + x^k + x^m + \dots + 1$$

В полиноме сложение идет по модулю два. Поэтому, если известен характеристический многочлен для сдвигового регистра с n -м количеством ячеек памяти, можно легко определить обратные связи регистра и, следовательно, вывести соответствующую последовательность максимальной длины.

Простого способа генерировать примитивный полином не существует. Одним из возможных способов считается проверка случайно выбранного полинома на примитивность [2].

Составление имитационной модели

Функция автокорреляции (АКФ) используется для получения наименьшей вероятности установления ложной синхронизации, так как следует заранее тщательно исследовать кодовые последовательности на целесообразность.

АКФ m -последовательности показывает, что по сравнению с другими последовательностями способность приемника системы к установлению надежной синхронизации гораздо лучше и эффективнее [3].

Для улучшения автокорреляционных свойств в заранее определенной m -последовательности используем реализации матриц Палей-Адамара первого типа, которые могут быть получены для всех $k \sim 1$.

Первоначально были исследованы циклические матрицы Адамара. Единственный известный пример матрицы Адамара, которая является циклической при $n > 1$, имеет порядок $n = 4$:

$$H = \begin{bmatrix} -1 & +1 & +1 & +1 \\ +1 & -1 & +1 & +1 \\ +1 & +1 & -1 & +1 \\ +1 & +1 & +1 & -1 \end{bmatrix}$$

Рис. 1. Матрица Адамара 4-го порядка [4]

Решение задачи [5]:

Возьмем верхнюю строку «циркулянта» как m -последовательность с периодом $L = 2^n - 1$ и создаем циклическую матрицу, двигая m -последовательность по строкам со сдвигом по фазе в каждой из них. Заменяем все элементы, содержащие «0» и «1», на «-1» и «+1», соответственно. Заменяем все элементы, значения которых равны «-1», на неопределенную «-b». Умножим получившуюся матрицу с неизвестным элементом на ее транспонированную матрицу. Получаем матрицу, в которой элементы главной диагонали равны $8 + 7b^2$, а все прочие элементы равны $4 - 8b + 3b^2$. Полученное «-b» проверяем и сравниваем с первоначально заданной m -последовательностью.

Для этого используем функцию автокорреляции:

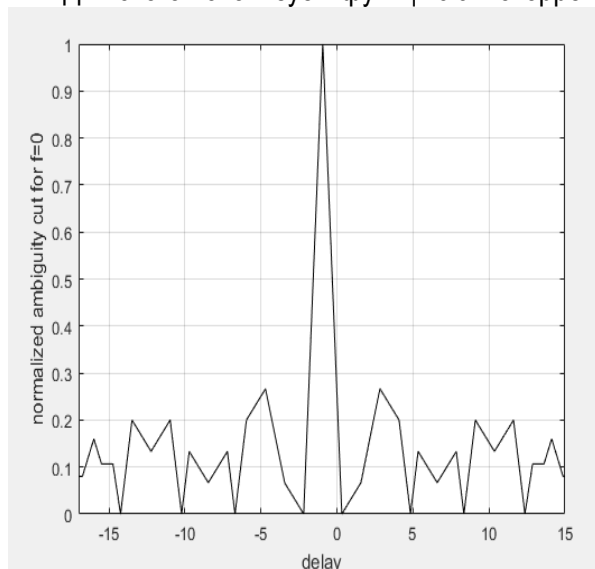


Рис. 2. АКФ для m -последовательности, $L = 15$

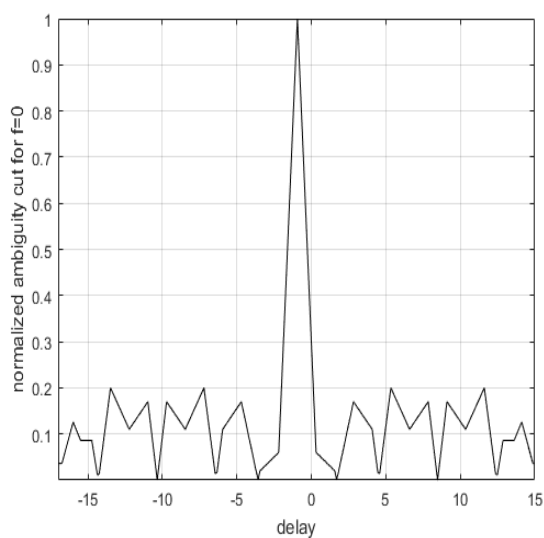


Рис. 3. АКФ для модифицированной m -последовательности, $L = 15$

Сравнение АКФ для обычной и модифицированной m -последовательности показывает, что ближайшие к главному пику точки максимума достигают меньшего значения. Благодаря этому у модифицированной m -последовательности более высокая пропускная способность

Результат этого исследования является основой для обеспечения большей помехоустойчивости зондирующих сигналов в радиолокационных каналах, а также повышения вероятности их правильного обнаружения.

Библиографический список

1. Диксон Р. К. Широкополосные системы / Пер. с англ. Л. Ф. Жигулина; под ред. В. И. Журавлева. М.: Связь, 1979. 305 с.
2. Макуильямс Ф. Д., Слоан Н. Д. Псевдослучайные последовательности и таблицы // ТИИЭР. 1976. Т. 64. № 12. 80–95 с.
3. Bassem R. Radar Systems analysis and design using MATLAB. Huntsville: CRC Press, 2013. 772 p.
4. Балонин Н. А., Сергеев М. Б. Матрицы Мерсенна и Адамара // Информационно-управляющие системы. 2016. № 1. С. 2–15.
5. Сергеев А. М., Ненашев В. А., Капранова Е. А. Исследование и анализ автокорреляционных функций кодовых последовательностей, сформированных на основе моноциклических квазиортогональных матриц // Информационно-управляющие системы. 2018. № 4. С. 74–84.

УДК 004.45

К. С. Васюков

студент кафедры вычислительных систем и сетей

Н. Н. Решетникова – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНОГО ОБЪЕКТА ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ

Технология 3D-печати постепенно проникает во все сферы жизни человечества, она позволяет экономить средства и время, повышает производительность во многих профессиональных нишах позволяя получить нужную деталь в кратчайшие сроки. Создал модель или скачал и распечатал, что может быть проще, но на самом деле не все так легко. Для того, чтобы распечатать модель необходимо импортировать ее из формата 3D-редактора в формат, который понимает слайсер, то есть в .stl.

На сегодняшний день существует множество разнообразных программ слайсеров, которые позволяют увидеть объект для печати в формате .stl как бы нарезать модель на слои и задать команды принтеру для печати, попутно выполняя всевозможные настройки слоев, толщины, заполнения, скорость печати, можно даже масштабировать объект по размеру и так далее.

В качестве слайсера в работе использована программа Ultimaker Cura [1], она обладает избыточным функционалом и при этом распространяется бесплатно, а в качестве 3D-редактора использовался Blender [2]. Для 3D-принтера, который печатает пластиком, практически все модели необходимо предварительно подготавливать перед печатью. Потому что на неподготовленных или плохо подготовленных моделях возможны артефакты. Артефакты оборачиваются отсутствием элементов на распечатанной модели или дефектах модели – это отсутствующие слои, щели в оболочке/дыры, не соприкасающиеся грани/плоскости и так далее. Чтобы такого не произошло необходимо следовать определенному перечню правил.

Первым делом необходимо задать масштаб сцены. Это необходимо для того, чтобы создать объект нужного размера.

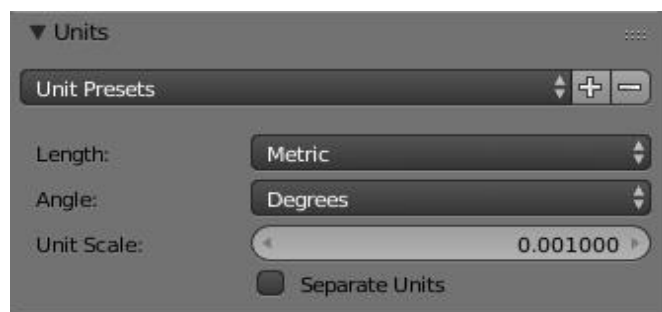


Рис. 1. Задание масштаба

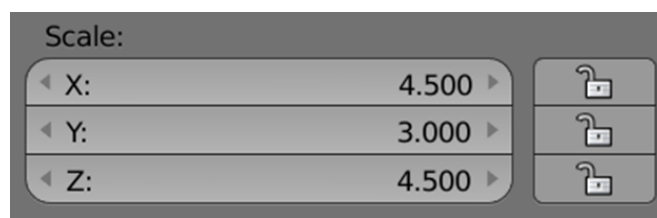


Рис. 2. Масштабирование

Затем можно начинать создание объекта (либо его доработку), и тут начинаются нюансы. Модель объекта не должна содержать всевозможных пересекающихся граней/ребер, что может привести к ошибкам при печати. Поэтому в процессе моделирования необходимо удалить пересекающиеся плоскости при вхождении одной детали в другую, для этого применялся модификатор Boolean (см. рис. 3) в редакторе Blender.

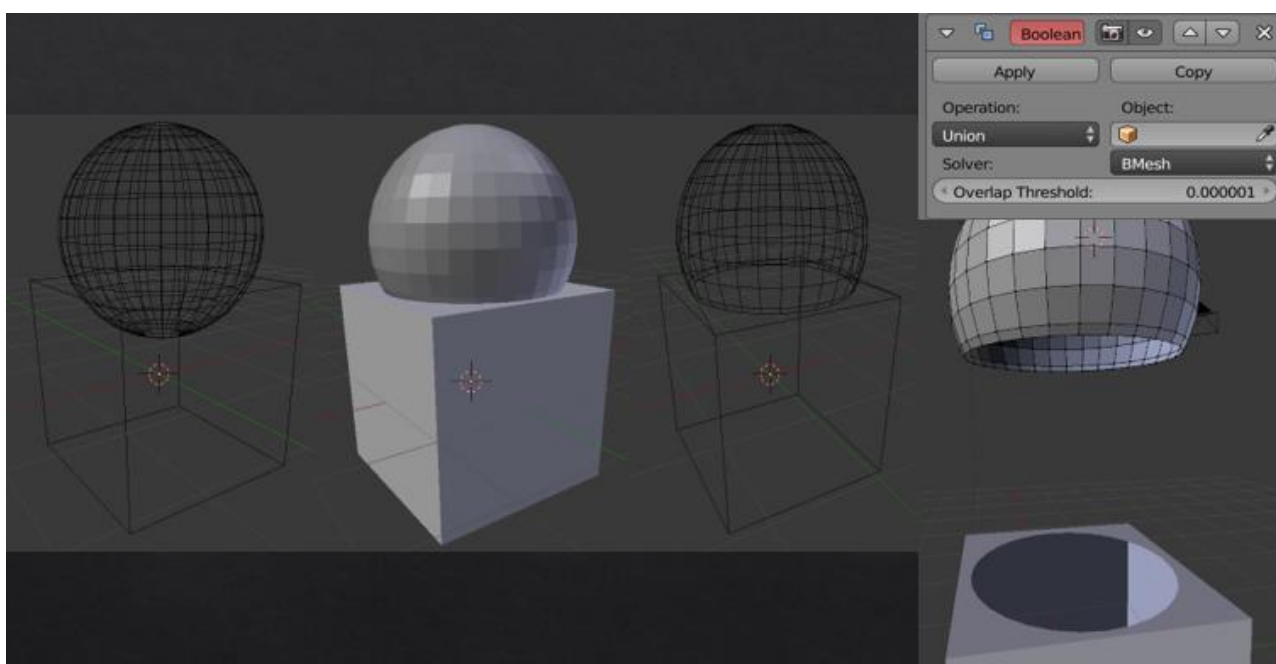


Рис. 3. Модификатор Boolean в редакторе Blender

Следующим важным шагом при моделировании, без которого печать невозможна, является задание толщины через модификатор Solidify (рис. 4). В зависимости от масштаба и размера сопла принтера задается толщина объекта, при помощи параметра Thickness. Этот параметр задает нужную толщину модели под диаметр сопла в принтере или кратную ему, иначе при печати будут сбиваться размеры объекта, диаметры отверстий его деталей и т. п.

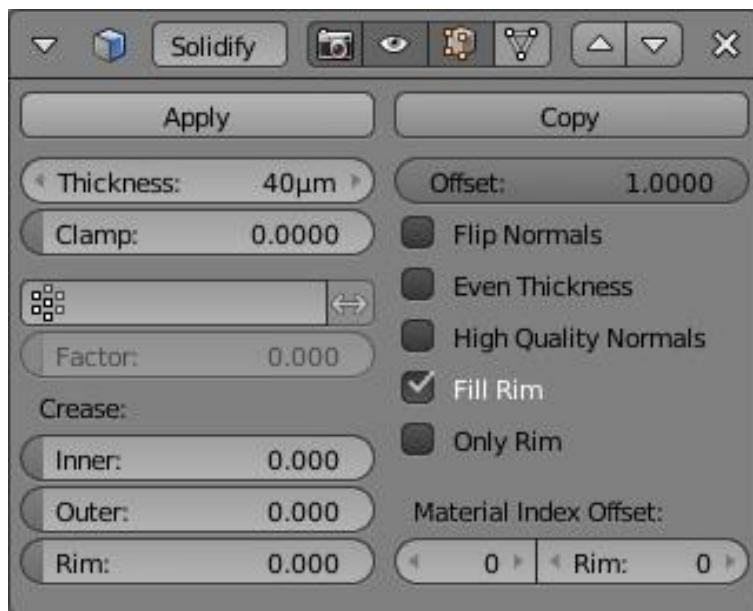


Рис. 4. Пример настройки модификатора Solidify в редакторе Blender

На рис. 5 приведен результат применения модификатора Solidify при значении параметра толщины Thickness = 40 µm.

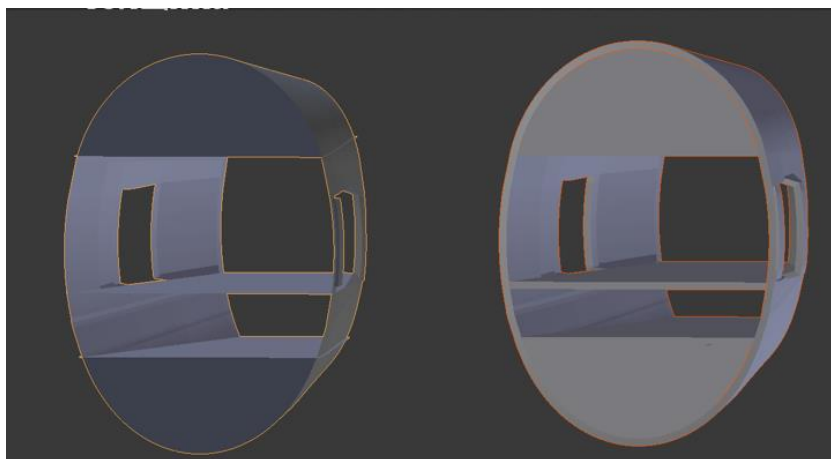


Рис. 5. Результат применения модификатора Solidify в редакторе Blender

Если при моделировании не будет определена толщина объекта, то программа-слайсер задаст принтеру неполный набор команд, не будет экструзии пластика, то есть экструдер будет делать все тоже самое как при печати, но без выдавливания пластика.

Так же через слайсер необходимо задать заполнение модели внутри. Для заполнения в программе-слайсере используются «схемы заполнения», которые представляют собой стандартные шаблоны – линии, сетка, зигзаг и др. Заполнение необходимо для того, чтобы распечатанная модель была крепкой и не ломалась от простого надавливания. Например, в программе-слайсере Cura заполнение задается параметром infill. Плотность заполнения задается в процентах, обычно это значение от 10 до 25 %. Но при задании способа заполнения следует учитывать назначение распечатанной модели объекта, например, в авиамоделировании заполнение использовать не нужно, потому что все детали должны быть максимально облегчены. Для таких случаев подойдут перегородки, которые можно создать из объекта Plane. Они необходимы для жесткости распечатанной модели (рис. 6).

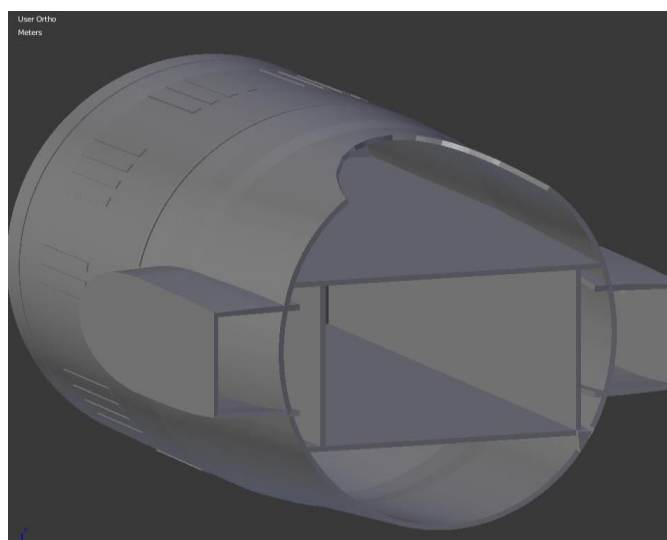


Рис. 6. Задание перегородок в модели объекта в редакторе Blender

Если модель содержит нависающие над другими деталями элементы (например, лопасти вертолета), то слайсер может создать необходимые поддержки для них, потому что принтер не печатает выступающие над другими, висящие в воздухе детали (рис. 7). Но желательно избавляться от таких поддержек, так как они увеличивают расход материала и время печати, а также возникают сложности с отделением таких поддержек от самой распечатанной модели. Избавиться от них можно правильной разрезкой модели на части и правильным расположением модели на печатном столе.

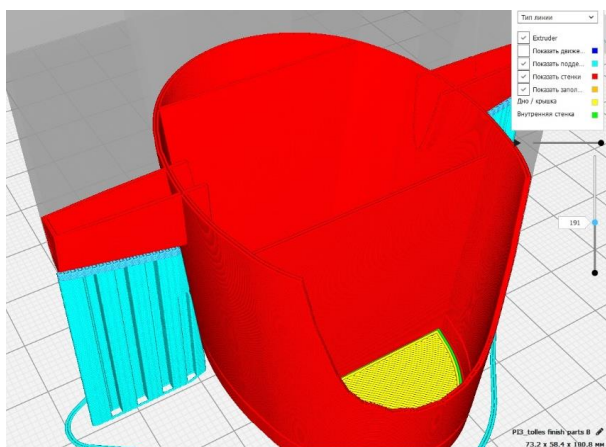


Рис. 7. Демонстрация поддержек в слайсере Cura

Правильно сориентировать модель на виртуальном столе можно в программе-слайсере. При расположении моделей нужно руководствоваться следующими принципами: сокращение времени печати, использование как можно меньшего количества материалов, качество печати, и чтобы модель не отошла в самом начале от стола при печати.

Так же необходимо понимать, что принтер не в состоянии напечатать детали, которые меньше, чем диаметр сопла принтера или близки к нему.

Рассмотренные особенности подготовки модели сложного объекта к 3D-печати учитывались при создании пластиковой копии модели самолета Як-55, приведенной на рис. 8.



Рис. 8. Распечатанная модель самолета Як-55

Характеристики модели самолета:

количество деталей – 29 сборных (131 деталь разработана)

время 3D-печати всех деталей – 70+ часов

качество печати и устойчивость модели на столе – хорошее

В заключении следует отметить, что с применением технологии 3D-печати, появляются новые методы изготовления нужных деталей для повседневного и профессионального использования (печать из порошкового металла лазером или печать органов человека). 3D-моделирование позволяет создать любые по сложности модели, а 3Dпечать практически может воплотить их в материале с некоторыми ограничениями.

Библиографический список

1. Официальный сайт слайсера Ultimaker-cura. URL: <https://ultimaker.com/en/products/ultimaker-cura-software> (дата обращения: 13.04.2019).
2. Сайт 3D-printer OS. URL: <https://www.3DprinterOS.com/what-is-the-influence-of-infill-layer-height-and-infill-pattern-on-my-3D-prints/> (дата обращения: 13.04.2019).

УДК 004.928

Е. Е. Майн

магистрант кафедры вычислительных систем и сетей

А. В. Никитин – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

Д. А. Булгаков – старший преподаватель – технический консультант

РАЗРАБОТКА ПРЕВИЗА АВТОРСКОГО ФИЛЬМА ДЛЯ 5D-КИНОТЕАТРА

На сегодняшний день одно из популярнейших направлений развития киноиндустрии – 3/4/5D-кинотеатры, которые позволяют просматривать 3D-стереофильмы с дополнительным набором движений (4D) и спецэффектов (5D), усиливающих впечатления от просмотра. При этом происходит синхронизация видео и звука с определенными движениями и эффектами, что позволяет увеличить эффект сенсомоторного погружения.

Цель работы – разработка превиза авторского фильма для 5D-кинотеатра на основе платформы движения.

Кинотеатр 5D-Motion

Кинотеатр 5D-Motion состоит из [1]:

1. 3-степенной платформы.
2. Системы 3D-визуализации – проектор с пультом управления, экран и 3D-очки.
3. Стойки управления – ЖК монитор, подключенный к ПК.
4. Акустической системы.

Платформа поддерживает следующие спецэффекты:

- «Ветер» – радиальные вентиляторы, создающие мощный поток воздуха, установлены под платформой.
- «Брызги воды» – емкость для воды со встроенным насосом, устанавливается за креслами.
- «Молния» (светодиодный стробоскоп).



Рис. 1. Платформа 3 степеней

1. Верхняя подвижная часть платформы оснащена четырьмя креслами спортивного образца с усиленным каркасом, оборудованными поясными ремнями безопасности.
2. Металлическая рама, которая держится на виброопорах с узлом гидропривода, маслостанции, электронным блоком, раздаточными рукавами высокого давления и цилиндрами движения симулятора.
3. Трап, который служит для подъема и размещения на платформе.

Концепция мультфильма

Для создания сценария (описания мультфильма) была произведена аналитическая работа в рамках сферы потребительского рынка киноиндустрии и изучены показатели спроса среди населения по аудитории, жанру, тематике. На основе полученных данных был составлен самый оптимально подходящий сценарий [2].

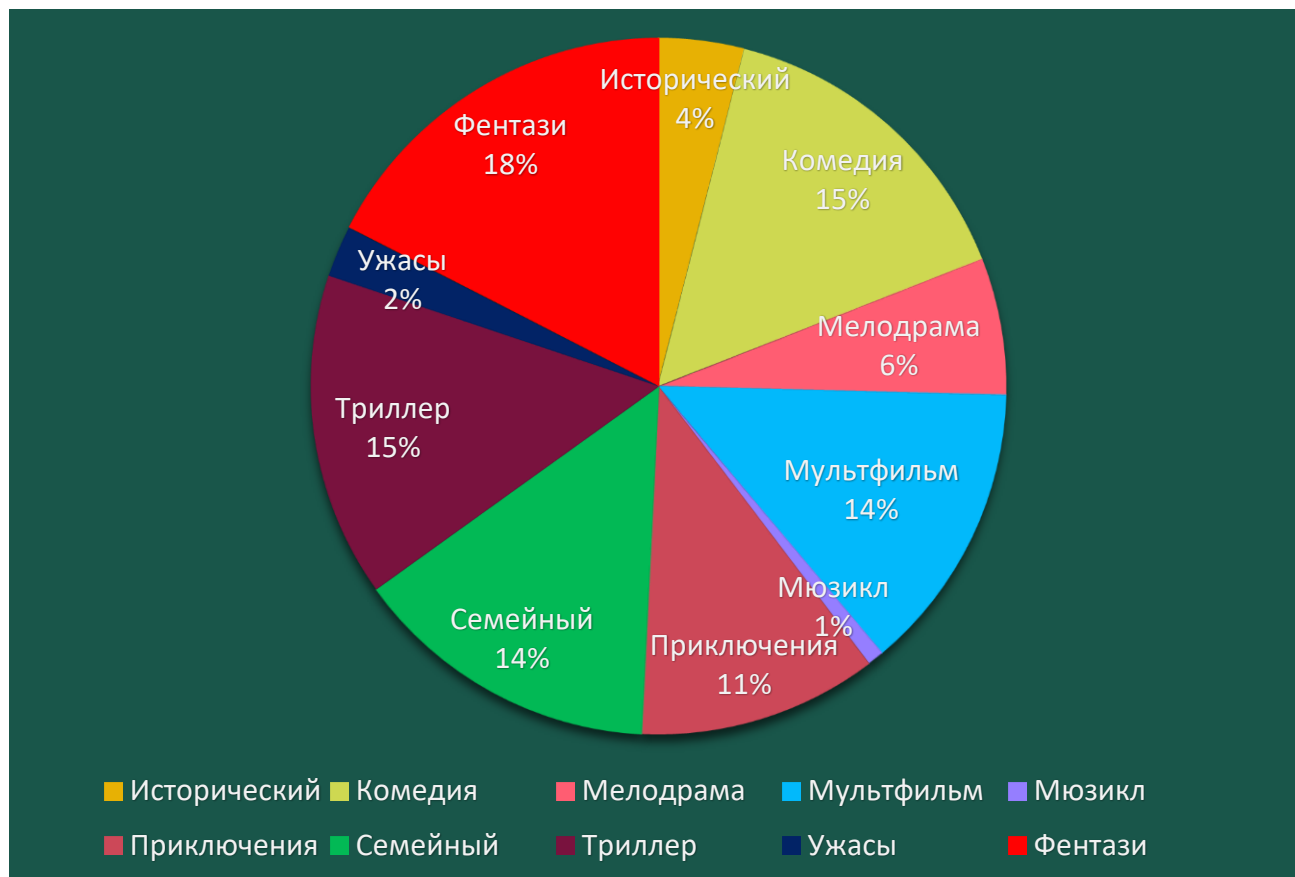


Рис. 2. Диаграмма статистики популярности жанров за 2018 г.

Описание, жанр и особенности мультфильма

Главная идея короткометражного мультфильма заключается в том, чтобы показать зрителю, как важно относиться к любому злоключению с юмором, ведь в конечном итоге все это может оказаться всего лишь ночным кошмаром.

Жанр и аудитория:

- развлекательный, семейный;
- от 12 лет, так как содержит несколько специфических выражений;

Основные особенности:

- данный компьютерный анимационный мультфильм является короткометражным;
- основной персонаж – енот;
- человеческий персонаж смоделирован с использованием технологии 3D-сканирования;
- используется для просмотра на nD-платформе;
- примерное время мультфильма – не более 20 минут.

Превизуализация

Превизуализация (превиз) – это техника моделирования сцены или события до того, как они реально произойдут и будут сняты. Превиз позволяет режиссерам экспериментировать с расстановкой персонажей, освещением, движениями камеры и другими объектами. Такой подход дает кинематографистам возможность выбирать лучшие творческие варианты и легко менять свои решения еще на этапах подготовки к съемкам, что не затрагивает финансовую сторону проекта [3].



Рис. 3. Диаграмма типов превиза

В данной работе используется режиссерский превиз. *Режиссерский превиз* – это предварительная работа режиссерского решения по визуализации сценария. Используется для наиболее эффективной организации работы.

Также превизы делятся на 3 вида [4]:

- раскадровка (storyboard) – это некая последовательность только ключевых кадров (изображений), которые помогают при создании кинопроизведений;
- аниматика – это серия статических картинок, показанных в последовательности одна за другой, очень часто с наложенным текстовым диалогом или звуковым сопровождением. Эта последовательность картинок помогает понять, как та или иная сцена будет выглядеть в движении, и узнать хронометраж сцен;
- 3D-превизуализация – в этом случае все объекты являются объемными. Такой формат представляет собой полностью смонтированный и озвученный актерами эпизод, дающий информацию по расстановке освещения и камер и применению спецэффектов.

В конечном итоге получается 3D-режиссерский превиз с использованием некоторого количества аниматики. Текстуры и другие дизайн-решение в превизе не задействованы.

Описание сцены превиза

В сцене участвуют два источника света, камера, модель «здание» и модели 4 животных. Объект «здание» состоит из нескольких сгруппированных объектов. Объекты в сцене, так же можно разделить на статичные и динамические.

Статичными объектами будут: модель «здание», «обезьяна», свет, поверхность.

Динамичными объектами в сцене являются камера, к которой привязана 3D-платформа, модель «енот» и «собака», т. к. на них наложена минимальная анимация движения, объект «дверь».

Этапы разработки превиза

1. Основная сцена.
2. Модель, где происходит действие.

3. Свет.
4. Модели персонажей.
5. Анимация некоторых моделей персонажей.
6. Расстановка моделей в основной сцена.
7. Настройка и «подгонка» побочных анимации.
8. Привязка камеры к 3D-платформе и создание движения.
9. Сохранение в .exe файл и запуск на платформе.

Таблица 1

Таблица раскадровки с привязкой по времени

| Объект | Тайминг | Кадры в сцене | Доп. решения |
|--------|---------|--|--------------|
| Камера | 0 | Камера находится на уровне парадного входа в начале плоскости на которой располагаются все объекты сцены. От этой точки она начинает движение, которые с помощью скрипта передаются на платформу | Музыка |
| | 3 | Приблизились к лестнице парадной, осмотрели здание общежития | |
| | 19 | Поднимаемся по лестнице, видим собаку и дверь, которая открывается и закрывается | |
| | 28 | Заглянули в окно здания, увидели енота и немного проходной | |
| | 40 | Зашли внутрь здания. Осмотрели проходную | |
| | 45 | Прошли проходную, осмотрели холл и здание изнутри | |
| | 61 | Осмотрели потолок и выходим из здания | |
| | 78 | Развернулись и удаляемся от здания | |

Разработка модели здания

Моделирование объекта «здание общежития» было выполнено на каркасе построения стен с помощью примитива Rectangle и модификатора Extrude. Основа здания создана из примитива Box, стены на основе Box с дальнейшим конвертированием и использованием инструментов полигональной сетки. Крыша крыльца сделана с помощью примитива «Capsula», изменения внесены инструментами поли сетки и модификатором изгиба.

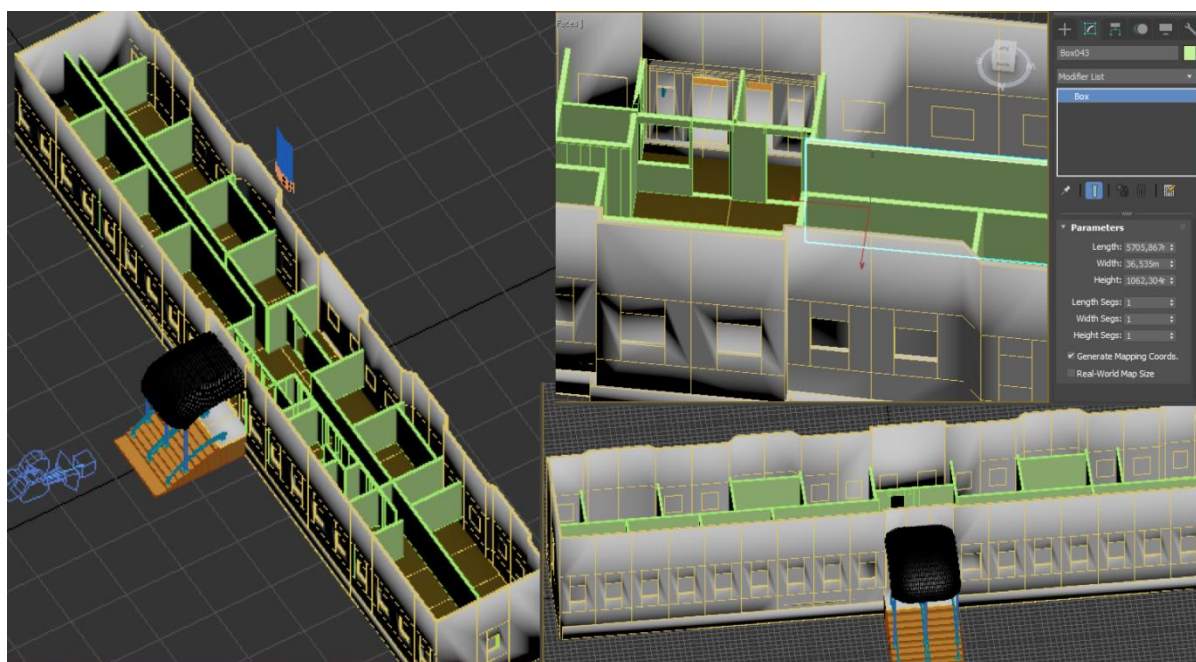


Рис. 4. Модель здания

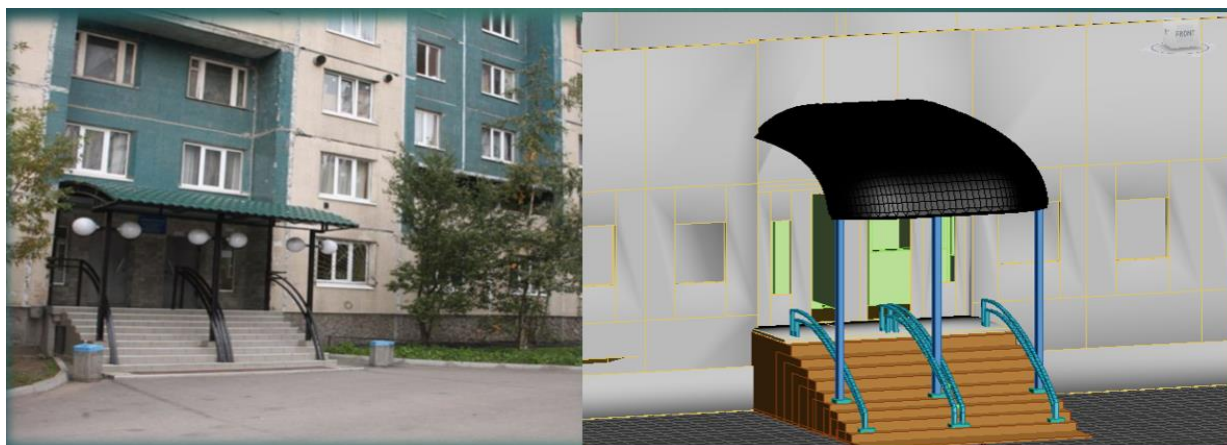


Рис. 5. Реальное сооружение и его компьютерная модель

Экспериментальная проверка платформы

Настройка фильма для 3-степенной платформы производится на игровом движке Unity3D. Платформа воспроизводит движения камеры, которые задаются при помощи контролера анимации. Для передачи данных об ориентации объекта в Unity3D на аппаратный контроллер платформы используется специальный скрипт «Net_SendGameData». Опытным путем было найдено максимально возможное отклонение платформы, которое происходит при использовании значения угла поворота в диапазоне от 27 до 35°. Так же был найден минимальный угол, при котором платформа начинает движение. Он должен лежать в диапазоне от 13 до 16°. Настройка контролера анимации камеры в игровом движке происходит за счет поворотов и перемещения. Если при фиксации в определенный момент времени используется одновременно два или более параметра по разным осям, то этот фрагмент на платформе воспроизводится. Также при воспроизведении движений на платформе происходит отставание на 1,257 единицы времени в контроллере.

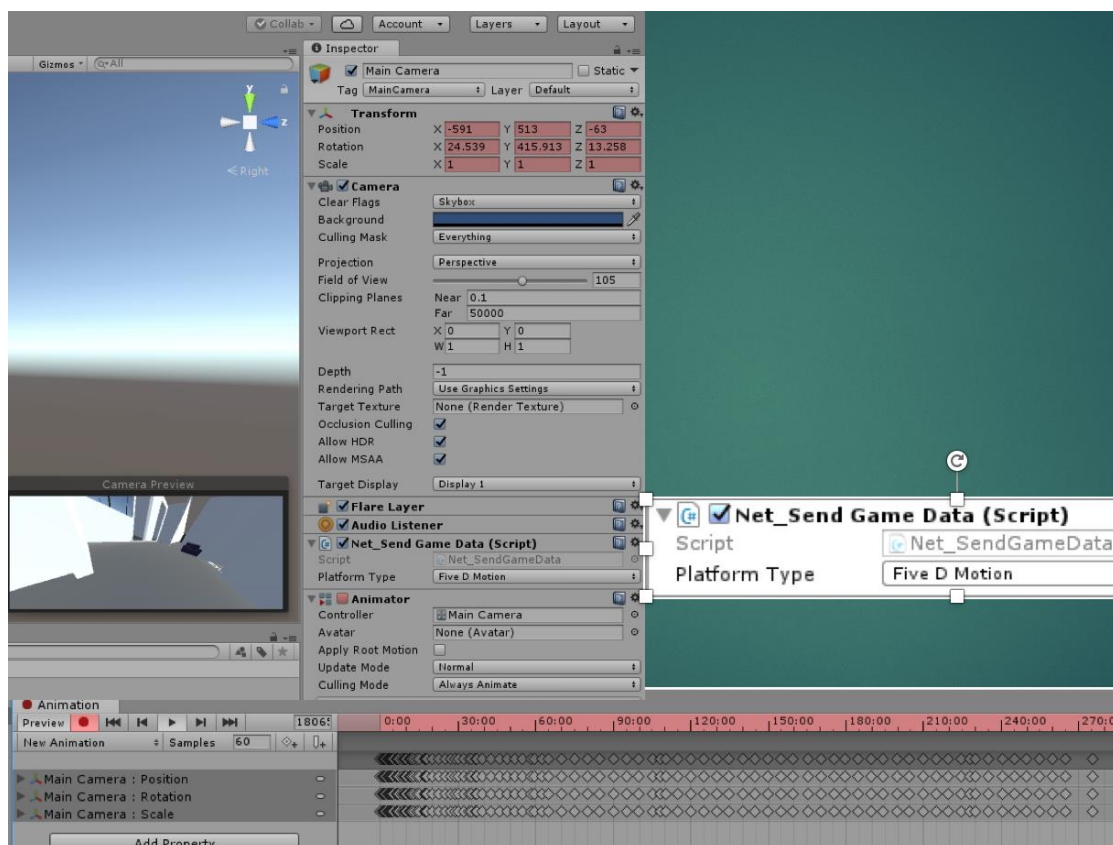


Рис. 6. Настройка в Unity3D

Библиографический список

1. Булгаков Д. А., Никитин А. В., Топчий А. С. Основы работы на симуляторах: лабораторный практикум. СПб.: ГУАП, 2018. 288 с.
2. Студия Ленфильм. URL: <http://www.lenfilm.ru> (дата обращения: 15.01.2019).
3. Герасимова А. Превизуализация. URL: <https://zen.yandex.ru/media/id/59367381d7d0a62756e9cf32/previzualizaciia-5a1ebdcc168a915ce35a4b82> (дата обращения: 16.12.2018).
4. Что такое превизуализация. URL: <http://previs.ru/theory> (дата обращения: 29.01.2019).

УДК 004.923

Н. С. Маковлев, А. А. Успанов

магистранты кафедры вычислительных систем и сетей

А. В. Никитин – кандидат технических наук, доцент

РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОГО ВИРТУАЛЬНОГО ТУРА ПО ОБЪЕКТАМ НЕДВИЖИМОСТИ

Виртуальный тур – способ реалистичного отображения трехмерного многоэлементного пространства на экране с помощью последовательных видео или неподвижных изображений. Элементами виртуального тура, как правило, являются сферические панорамы, соединенные между собой интерактивными ссылками-переходами (hotspot). Также могут быть использованы другие мультимедийные элементы, такие как музыка, звуковые эффекты, планы этажей и другое. Они помогают воссоздать реалистичное представление реальности [1]. В основном сейчас используются гибридные визуальные туры, которые объединяют несколько видов представления информации в виде 3D-панорам, видео 360 и аудиосопровождение. Современные виртуальные туры являются одними из самых эффективных и наглядных на данный момент инструментов создания представления и подачи информации об объекте, поскольку они создают у зрителя полную иллюзию присутствия (виртуальную реальность присутствия).

Конечно, такой тур не заменит личного присутствия, но позволит получить достаточно полное впечатление об изучаемом объекте. Использование виртуальной реальности имеет ряд преимуществ перед традиционным посещением объекта недвижимости:

- обеспечивает возможность визуально ознакомиться с объектами, расположенными за пределами города, области и даже страны;
- позволяет за один раз посетить несколько объектов (обеспечивает экономию времени);
- обеспечивает доступность, возможность повторного просмотра, наглядность и многое другое;
- предоставляет людям с ограниченными возможностями здоровья возможность познания окружающего мира.
- привлечение потенциальных клиентов (для коммерческих проектов) способ узнать, стоит ли выбранный объект запрашиваемой суммы. (для клиентов коммерческих проектов).

Основной задачей является разработка гибридного виртуального тура для демонстрации объектов недвижимости со следующими характеристиками:

- переход между панорамой на видео 360 и обратно;
- переход между видео 360 с помощью метки;
- возможность панорамного (вверх, вниз, вправо, влево) просмотра;
- перемещение между локациями (панорамами) с помощью меток;
- переключение на план помещения;
- звуковое сопровождение;
- использование 3D-панорам и видео 360.

Аппаратные и программные средства: камера 360, планшет, Pano2VR6.

1. Подготовка Материала (фотосъемка). Существуют различные технические ограничения на оборудование, с применением которого производится съемка. Ни один из объективов не в состоянии передать все пространство целиком, за один кадр. Для этого лучше всего подходят широкоугольные объективы, которые позволяют отснять окружающую сферу за минимальное количество кадров. Однако у таких объективов присутствуют сильные геометрические искажения – дисторсия [2]. В результате искажений дальнейшая обработка материала значительно усложняется, а качество будущей панорамы заметно снижается. Кроме того, в связи с тем, что из одной точки делается сразу большое количество снимков, имеются повышенные требования к штативу, который должен быть достаточно устойчив, иметь гибкие параметры настройки изменения ракурсов фотоаппарата без перемещения самого штатива. Поэтому для облегчения съемки использована камера 360 RICOH THETA S. Этот простой и ком-

пактный гаджет объединяет в одном корпусе две противоположно направленные камеры с объективами типа «рыбий глаз», каждый из которых имеет угол обзора 200°. Таким образом, для создания полной 360-градусной панорамы достаточно пары кадров, которые программно конвертируются в бесконечную панораму, которую можно просматривать на компьютере, на смартфоне или в очках виртуальной реальности.

С помощью этой же камеры отснято видео 360. Склейка видео была произведена в стандартной программе RICON и выложено на бесплатный видео-хостинг YouTube. При съемке 3D-панорам и видео 360, а также при монтаже были учтены технические рекомендации по созданию виртуальных туров [3].

2. Монтаж. Исходные данные (3D-панорамы, видео 360, аудиофайлы) загружаются в инструмент обработки и создания виртуальных туров Pano2VR6 (Trial) [4]. Здесь проводятся работы с панорамной склейкой и установкой меток для перемещения, нанесение схемы помещения, добавление информационных блоков с ссылкой на интернет источник и аудио-сопровождение. После этого проект сохраняется в формате html и может быть использован и отображен с помощью браузера, что дает возможность легкого внедрения в web-приложение. Схема монтажа тура на рис. 1.

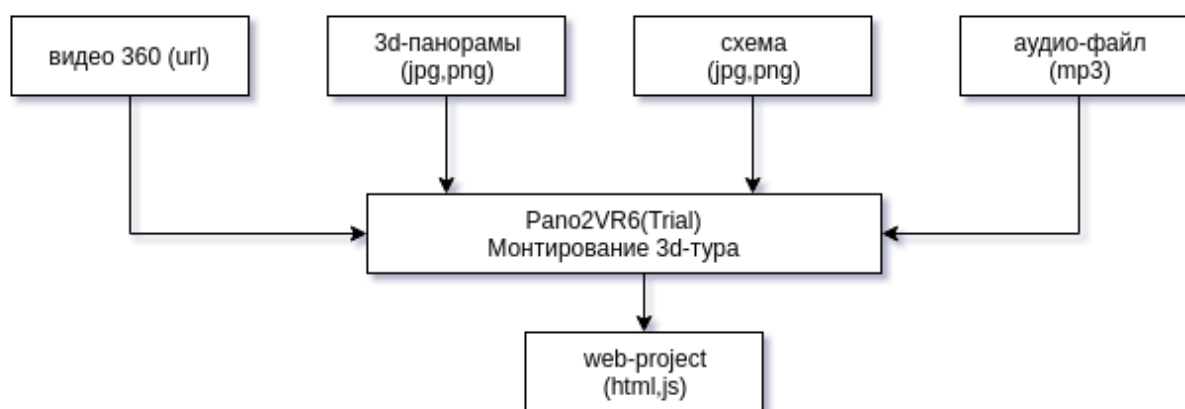


Рис. 1. Схема техпроцесса

Основные результаты

- Проведена съемка 3D-панорам и видео 360 с помощью камеры 360 (RICON THETA S).
- Разработан прототип виртуального тура в соответствии с заявленными требованиями кроме переходов обратно с видео 360 на панорамный обзор и переход между видео, эти задачи стоят в дальнейшей работе над туром (рис. 2).

После доработки гибридного 3D-тура предполагается создать полноценный сервис для просмотра помещений, и внедрить эту технологию. Сервис предполагается быть браузерным SPA-приложением.

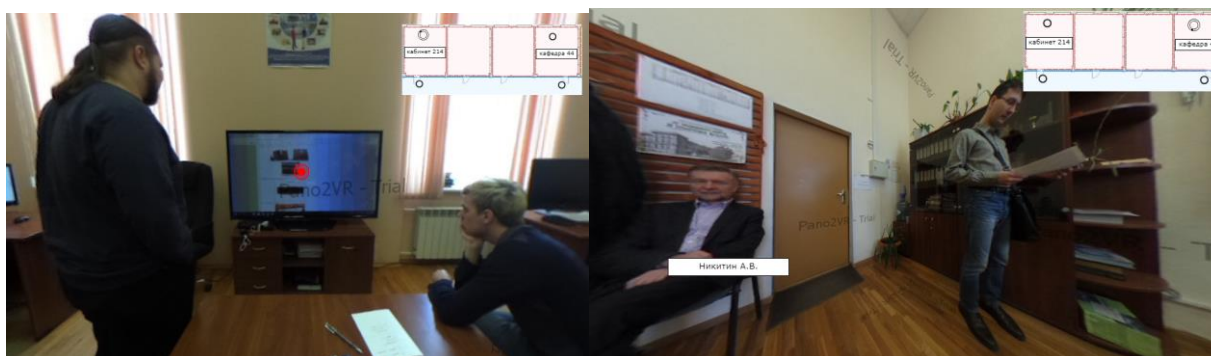


Рис. 2. Прототип тура

Библиографический список

1. Определение виртуального тура. URL: <https://www.techopedia.com/definition/4920/virtual-tour> (дата обращения: 08.05.2019).
2. Дорофеев С. Ю., Тюгаев Д. Н. Создание аппаратно-программного комплекса для изготовления виртуальных туров на основе интерактивных 3D-панорам // Инновационные технологии кафедры КСУП: научно-практическая конф. Томск, 2008.
3. Технические рекомендации по созданию виртуальных музеев / М-во культуры РФ. 25.07.2014.
4. Сайт компании производителя Pano2VR6. URL: <https://ggnome.com/pano2vr> (дата обращения: 08.05.2019).

УДК 004.921, 004.77

Е. В. Малкин

студент кафедры вычислительных систем и сетей

Д. А. Булгаков – старший преподаватель – научный руководитель

ИНТЕРАКТИВНАЯ ТРЕХМЕРНАЯ ДЕМОНСТРАЦИЯ СБОРКИ/РАЗБОРКИ, РАБОТЫ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ

Цель работы: разработать интерактивную трехмерную демонстрацию сборки/разборки газотурбинной установки и работы ее подвижных частей.

Постановка задачи:

1) создать трехмерную модель газотурбинной установки

в программе 3Ds Max [1];

2) создать интерактивную визуализацию трехмерной модели в Unity3D [2].

Применение данной технологии:

Данную технологию можно применять на предприятиях, в учебно-методических материалах для демонстрации строения и принципа работы газотурбинной установки. Приложение наглядно демонстрирует порядок разборки и сборки газотурбинной установки, что применимо при выполнении ремонтно-обслуживающих работ.

Решение поставленной задачи:

Процесс разработки интерактивного трехмерного приложения делится на три этапа:

1) создание сплайнов из чертежей [3], изображений [4] установки с использованием графического редактора GIMP [5], создание трехмерной модели из сплайнов и готовых частей модели [6];

2) импорт трехмерной модели из 3Ds Max в Unity3D;

3) создание трехмерной интерактивной сцены с применением C# скриптов.

Поэтапное создание интерактивной трехмерной демонстрации представлено на рис. 1. Процесс создания модели ГТУ (газотурбинная установка) серии GE Frame 9E начинается с декомпозиции всего объекта на независимые объекты, которые являются составными частями установки. В качестве примера создания одной из частей установки можно описать процесс создания корпуса ГТУ с помощью стандартного приема моделирования трехмерного объекта.

В графическом редакторе создаем сплайн, в точности описывающий геометрию корпуса установки. Импортируем сплайн в 3Ds Max и применяем к нему модификатор Lathe. В свитке настроек модификатора задаем нужные нам значения параметров для достижения нужного результата.

Анимация вращения подвижных частей ГТУ создавалась с помощью стандартных инструментов анимации 3Ds Max. В Unity3D основная анимация при импорте была поделена на три отдельные анимации для трех событий: запуск, работа и остановка ГТУ.

Следующий этап – импорт модели из среды 3Ds Max в Unity3D. Модель импортируется без материалов, так как в Unity3D есть необходимый набор материалов, подходящий для реалистичного внешнего отображения поверхности установки.

Основная работа была сосредоточена на интерактивной визуализации трехмерной сцены с помощью применения скриптов, написанных на языке C#, и нового графического интерфейса Unity UI (user interface). Скрипты позволяют активировать события в сцене, изменять параметры компонента и реагировать на действия пользователя.

Перед началом программирования интерактивной сцены следует проработать все сценарии взаимодействия пользователя с программой. На каждое действие пользователя должна быть ответная реакция системы, выдаваемая специальным методом. Метод, реагирующий на события, называется обработчиком события. На рис. 2 можно понять, как пользователь будет взаимодействовать с программой.

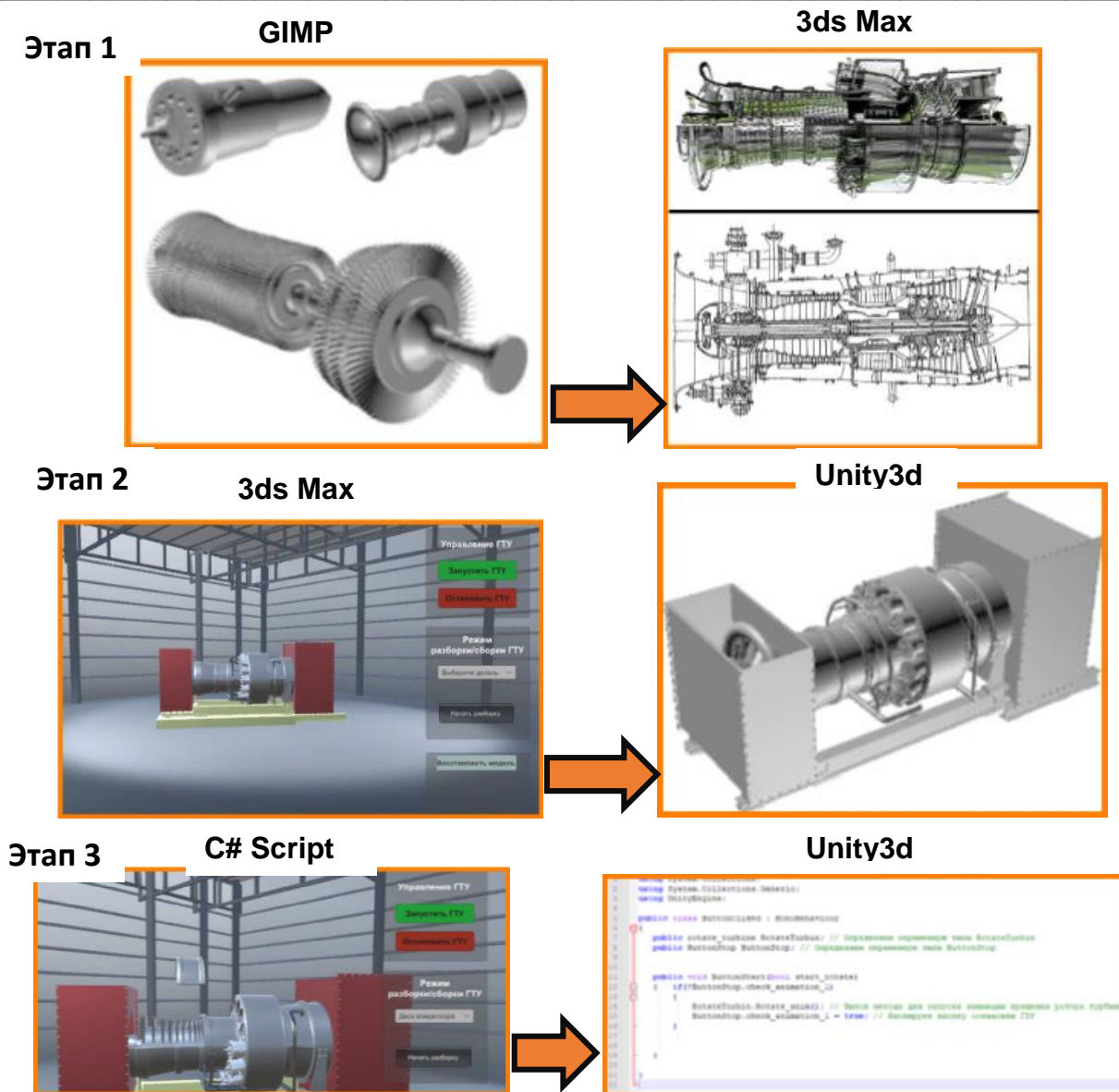


Рис. 1. Поэтапное создание интерактивного трехмерного приложения

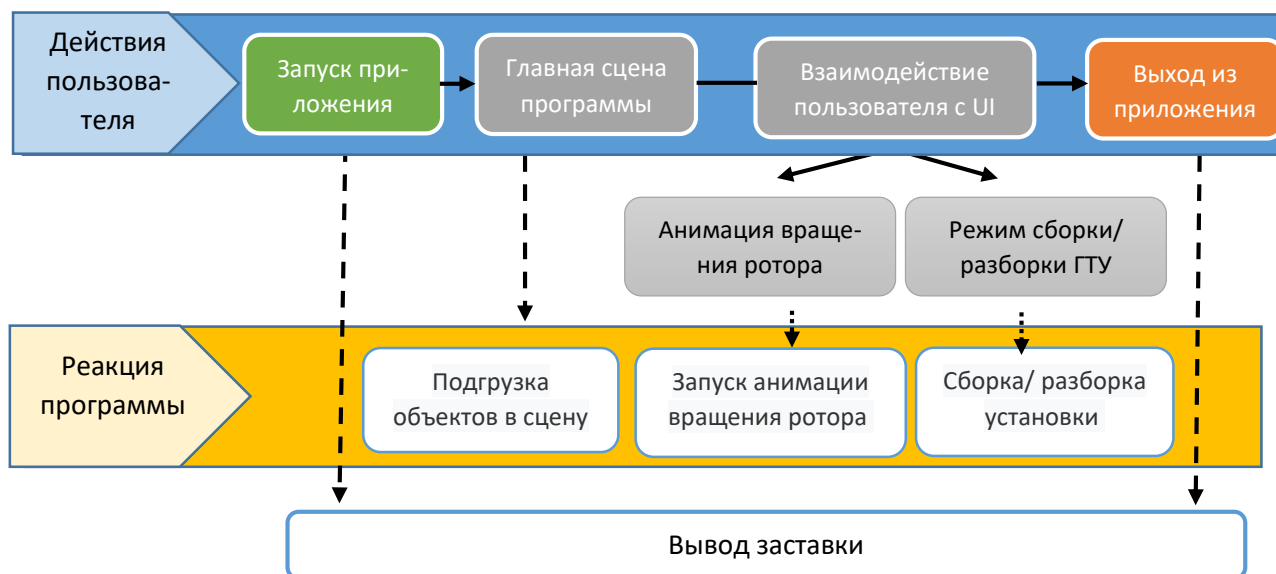


Рис. 2. Схематичное описание взаимодействия пользователя с программой

На рис. 3 представлена главная сцена программы, содержащая в себе саму модель ГТУ, расположенную внутри ангара, и интерфейс Unity UI, с помощью которого пользователь управляет программой.

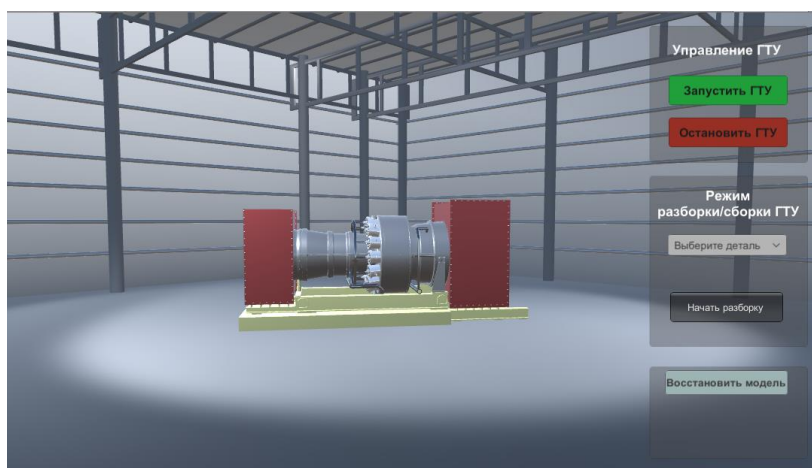


Рис. 3. Главная сцена программы

На главном экране приложения располагаются две панели: «Управление ГТУ» и «Режим сборки/ разборки ГТУ».

На первой панели размещены две кнопки:

1) «запустить ГТУ» – активирует анимацию запуска турбины и затем ее работу;

2) «остановить ГТУ» – останавливает анимацию работы турбины и запускает анимацию ее остановки.

На второй панели размещены выпадающий список и кнопка:

1) dropdown – размещены основные детали ГТУ;

2) «начать разборку» – после нажатия начинается процесс разборки турбины.

Интерфейс программы содержит еще одну кнопку «Восстановить модель», которая служит для перезапуска сцены, если нужно вернуть модель турбины к первоначальному виду.

К каждому элементу интерфейса прикреплен свой скриптовый компонент, который обрабатывает событие, возникающее от конкретного действия пользователя. Для примера можно рассмотреть скрипт обработки события нажатия на кнопку запуска ГТУ, приведенный на рис. 4.

```

public class ButtonClicked : MonoBehaviour
{
    public rotate_turbine RotateTurbin; // Определяем переменную
    типа RotateTurbin
    public ButtonStop ButtonStop; // Определяем переменную типа
    ButtonStop
    public void ButtonStart(bool start_rotate)
    {
        if(!ButtonStop.check_animation_1)
        {
            RotateTurbin.Rotate_anim(); // Вызов метода для запуска
            анимации вращения ротора турбины
            ButtonStop.check_animation_1 = true; // Блокирует кнопку
            остановки ГТУ
        }
    }
}

```

Рис. 4. Скрипт обработки события нажатия на кнопку запуска установки

Переменные RotateTurbin и ButtonStop необходимо инициализировать экземплярами соответствующих классов, чтобы скрипты могли взаимодействовать друг с другом.

В процессе разборки установки есть возможность выбирать курсором мыши те детали ГТУ, которые пользователь желает получить в результате разборки. В качестве примера демонстрации работоспособности программы можно рассмотреть развитие сценария, выбранного пользователем, на рис. 5. Пользователь выбрал деталь «Диск компрессора», следовательно, алгоритм разборки ГТУ будет последовательно выполняться до тех пор, пока компрессор не отделится от основной части турбины. Затем пользователю предоставляется возможность выбрать желаемый диск. Алгоритм будет разбирать компрессор по кратчайшему пути, пока не дойдет до заданного диска.

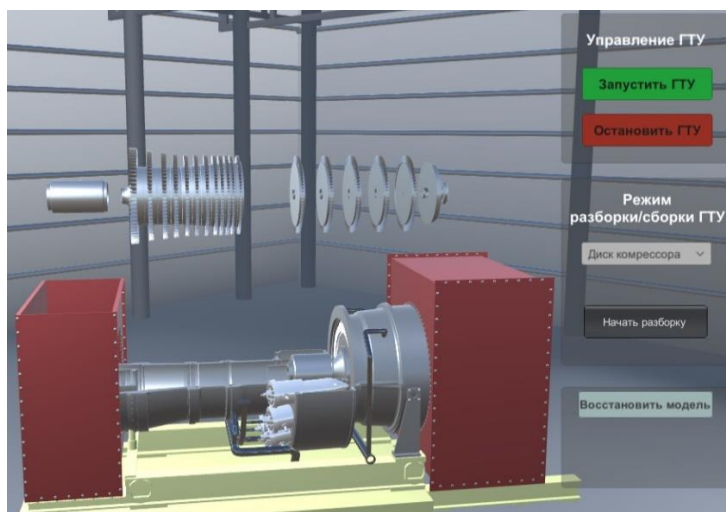


Рис. 5. Демонстрация процесса разборки ГТУ

Разработанное в итоге интерактивное приложение, демонстрирующее процесс сборки/разборки и работы газотурбинной установки, может быть использовано в учебных и демонстрационных целях на производствах, которые эксплуатируют данную установку. Также одним из направлений возможной реализации данной технологии может стать промышленная выставка, где посетителям демонстрируется общее строение установки. При доработке модели до цифрового двойника, программу можно будет использовать для обучения и контроля обслуживания с применением технологии виртуальной реальности. Приложение может быть скомпилировано под любую платформу, которую поддерживает Unity3D.

Библиографический список

1. Документация по 3Ds Max 2010. URL: <https://knowledge.autodesk.com>.
2. Руководство Unity. URL: <https://docs.unity3d.com>.
3. GE Frame 9E Turbine stator and rotor construction. URL: https://tuxdoc.com/download/ge-frame-9e-turbine-stator-and-rotor-construction-5_pdf.
4. 9E Gas Turbines | 9E.03–9E.04 Turbine | GE Power. URL: <https://www.ge.com/power/gas/gas-turbines/9e-03>.
5. GIMP user Manual. URL: <https://www.gimp.org/docs/>.

УДК 621.397

С. А. Ненашев, А. В. Антонов, А. А. Залищук

студенты кафедры вычислительных систем и сетей

М. Б. Сергеев – доктор технических наук, профессор – научный руководитель

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ ОБНАРУЖЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИИ ФИЗИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА СФОРМИРОВАННОМ ИЗОБРАЖЕНИИ ПОТОКА КАДРОВ

Типовая оптическая локационная система состоит из одной или нескольких цифровых, или аналоговых камер (черно-белые или цветные) с подходящей оптикой для получения изображений, подсветки наблюдаемого объекта, оборудования ввода/вывода или каналы связи для передачи полученных кадров. Кроме того, не мало важным аспектом является программная составляющая подобных систем, а именно программное обеспечение для подготовки изображений к обработке, специальные приложения программного обеспечения для обработки изображений и обнаружения соответствующих их свойств.

Матрица чувствительных элементов, входящих в состав видеокамеры, предназначена для получения цифрового изображения. В состав матрицы чувствительных элементов входит множество аналого-цифровых преобразователей, предназначенных для преобразования информации о световой интенсивности в цифровые значения. Объектив оптической системы позволяет камере фокусироваться на определенном расстоянии и таким образом получать четкое изображение объекта. В случае, когда объект находится вне фокусного расстояния, то изображение получается размытым и/или нечетким, что ухудшает возможность обработки потока видеок кадров. В отличие от обычных цифровых фотоаппаратов с объективами, поддерживающих функции автофокусировки, в рассматриваемых локационных системах применяется оптика с фиксированным фокусным расстоянием или его ручной настройкой. Существуют различные типы объективов для самых разных задач (нормальный, теле, широкоугольный, портретный и др.), и выбор правильного типа оптики – важный этап при проектировании пассивных локационных систем, в том числе систем машинного зрения. Также еще одним важным элементом в подобных системах является подсветка. Благодаря использованию различных типов освещения можно расширить круг задач, решаемых подобными системами. Существует различные типы освещения, но наиболее популярным является светодиодная из-за ее высокой яркости. При этом современный уровень развития светодиодной техники обеспечивает большой срок службы устройств и малое энергопотребление.

Принципы функционирования оптико-локационных систем

Последовательность действий, выполняемых системой локации, можно представить в следующем виде. Кадр видеопотока (изображение), полученное с камеры, поступает в захватчик и далее в память компьютера. Захватчик кадров – это устройство, которое преобразует выходные данные с камеры в цифровой формат (как правило, это двумерный массива пикселей изображения) и сохраняет изображения в памяти компьютера, в формате для дальнейшего анализа и обработки. Программное обеспечение, как правило, совершает несколько шагов для обработки изображений. Часто изображение на первом шаге обрабатывается с целью уменьшения уровня шума на нем или с целью преобразование множества градаций серого к бинарному виду черного и белого цвета (бинаризация). После первоначальной обработки производятся измерения и/или происходит определение траекторных координат, размеров, дефектов и других характеристик объекта на изображении. В качестве последнего шага, программное обеспечение анализирует кадр, в результате чего принимает решение пропускать или забраковать текущий кадр в соответствии с заданными критериям. Если кадр идет с браком, программное обеспечение подает сигнал механическому устройству для его отклонения; другой вариант развития событий, система может остановить текущий процесс и предупредить пользователя для решения этой проблемы, а также информируя его о причине неполадки. Хотя большинство пассивных оптических систем полагаются на «черно-белые» камеры, использование цветных камер становится все более распространенным явлением. Кроме того, все чаще подобные системы используют цифро-

вые камеры прямого подключения, а не камеры с отдельным захватчиком кадров, что сокращает расходы и упрощает систему в целом.

Практическое применение

Помимо бытовых роботов, методы пассивной оптической локации нашли широкое применение в системах помощи водителю. Работы по детектированию разметки, препятствий на дороге, распознаванию знаков и т. д. активно ведутся с 90-х годов прошлого века. Однако достаточного уровня (как по точности и надежности самих методов, так и по производительности процессоров, способных в масштабе реального времени выполнять соответствующие задачи) они начали достигать преимущественно в последнее время.



Рис. 1. Обнаружение препятствий на дороге

Одним из показательных примеров подобных систем – являются методы стереозрения (рис. 1), используемые для обнаружения препятствий на дороге. Однако эти методы требуют обеспечения высоких показателей к надежности, точности и производительности. В частности, для решения задачи обнаружения пешеходов требуется построение подробной карты дальности в масштабе, близкому к реальному масштабу времени. Помимо этого, при реализации подобных методов требуется количество операций порядка ста на пиксель и точности, достигаемые при размерах изображений не менее 1 мегапикселя. Таким образом получается сто миллионов операций на 1 обработку одного кадра (или несколько миллиардов и более операций в секунду при высокой частоте считывания кадров в секунду).

Стоит отметить, что общий прогресс в данной области знаний связан не только с развитием аппаратной составляющей. Этот аспект открывает возможности для применения вычислительно затратных методов обработки изображений, но сами эти методы также нуждаются в совершенствовании. За последние 10–15 лет были доведены до эффективного практического использования методы сопоставления изображений трехмерных сцен [4, 5], методы восстановления плотных карт дальности на основе стереозрения [6], методы обнаружения и распознавания лиц [7] и т. д. Общие принципы решения соответствующих задач данными методами не изменились, но они обогатились рядом нетривиальных технических деталей и математических приемов, сделавших эти методы успешными.

Возвращаясь к системам помощи водителю, нельзя не упомянуть про современные методы детектирования пешеходов, в частности, на основе гистограмм ориентированных градиентов [8]. Современные методы машинного обучения, о которых еще будет сказано позднее, впервые позволили компьютеру лучше человека решать такую достаточно общую зрительную задачу, как распознавание дорожных знаков [9], но не благодаря использованию специальных средств формирования изображений,

а благодаря алгоритмам распознавания, получавшим на вход в точности ту же информацию, что и человек.

Одним из существенных технических достижений стал беспилотный автомобиль Google, который, однако, использует богатый набор сенсоров помимо видеокамеры, а также не работает на незнакомых (заранее не отснятых) дорогах и при плохих погодных условиях.

Таким образом, для систем помощи водителю требуется решение разных задач локации, включая:

- а) стереозрение;
- б) обнаружение препятствий на дорогах;
- в) распознавание дорожных знаков, разметки, пешеходов и автомобилей;
- г) задачи, также требующие упоминания, связанные с контролем состояния водителя.

Особенности распознавания дорожных знаков и пешеходов в видеопотоке

Рост населения крупных городов приводит к обострению проблем организации дорожного движения, среди которых выделяют рост уровня автомобилизации населения, увеличение интенсивности использования индивидуального транспорта, несоблюдение правил дорожного движения, что приводит к дорожно-транспортным происшествиям. Транспортные системы мегаполисов имеют сложную структуру и требуют постоянного контроля и модернизации. Одним из актуальных направлений развития транспортной системы является заблаговременное распознавание дорожных знаков, в особенности пешеходных, а также самих пешеходов, находящихся на проезжей части. Поэтому актуальна задача разработки и исследования интеллектуальных информационно-предупреждающих систем для решения изложенной проблемы, в частности, системы компьютерного зрения. Данная система должна осуществлять сбор информации из видеопотока, принятие решения об обнаружении дорожного знака или пешехода, сопровождение требуемых объектов, распознавание и заблаговременную выдачу звукового предупреждения. Известные алгоритмы отслеживания дорожных знаков и пешеходов, например, отслеживание по областям, по активному контуру, по характерным признакам, – не обладают высокой степенью достоверности и требуют больших вычислительных и как следствие временных затрат на обработку видеопотока. Это делает их применение ограниченным для решения задачи заблаговременного предупреждения. Таким образом, вторым важным фактором для автомобильной системы распознавания является требование разработать быстродействующую систему, способную распознать объекты до их достижения.

Необходимо разработать имитационную модель с целью совершенствования алгоритмов распознавания дорожных знаков и пешеходов. Используются методы анализа кадров в видеопотоке; моделирования процессов детектирования, сопровождения и распознавания; методы теории вероятности и математической статистики применительно к задачам компьютерного зрения.

В результате разработана имитационная модель детектирования, сопровождения и распознавания дорожных знаков и пешеходов по кадрам в видеопотоке.

Практическая значимость представленной модели заключается в возможности проводить компьютерные эксперименты для разработки алгоритмов распознавания знаков и пешеходов, а также эксперименты для улучшения работы аппаратуры систем автомобильного зрения, что позволит значительно сократить количество дорожно-транспортных происшествий.

Определение траекторных координат объекта

Задача состоит в том, чтобы найти способ обнаружения требуемых объектов и определения их траекторных координат с низкой частотой ошибок и низким временем на ответ. Скорость и координаты объектов можно определить с помощью функции Matlab.

Рассмотрим подробнее этапы этого процесса:

- а) считывание видео.

После записи видео в рабочей области Matlab видео должно быть прочитано с помощью (Vision. Video File Reader) функции, которая считывает видео из рабочей области Matlab. Простое чтение видео не отображает видео в любой форме; его единственная работа заключается в подготовке видео к следующему этапу;

- б) принятие изображения ссылки.

Мы должны иметь одно эталонное изображение, которое сравниваем с каждым кадром видео для извлечения функции;

с) преобразование изображения в черно-белое.

Изображение преобразуется в черно-белое с помощью функции `im2bw`, преобразующей изображение к двоичному изображению. Каждый пиксель принимает значение, которое является нормализованным значением интенсивности, лежащим в диапазон $(0, 1)$;

d) извлечение ограничивающей области.

Делаем это путем построения прямоугольника, который используется для изоляции в интересующей области по образцу и аналогично обработке окна (или ключевого региона). Это может быть легко сделано вызовом свойства (`Bounding Box`) свойства (`region`. реквизит функция).

Извлечение объекта используется для извлечения объекта и определения местоположения движущегося объекта в кадры, которые будут оцениваться с помощью функции типа `regionprops`;

e) вычисление смещения.

После нахождения местоположения объекта следующим шагом является вычисление смещения объекта в двух последовательных кадрах.

Евклидово расстояние между (x_1, y_1) и (x_2, y_2) равно:

$$D = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} .$$

Когда объект перемещает предопределенное фиксированное расстояние, число рамок которое необходимо для этого расстояние в изображении рассчитывается и сравнивается с основной истиной, которая является количество кадров, которое необходимо транспортному средству для прохождения одного и того же расстояния для достижения некоторой скорости;

e) расчет скорости.

После нахождения перемещений объекта, мы можем умножить его на общее количество кадров для того чтобы дать полное смещение объекта на всем промежутке времени:

$$Speed = \frac{Distance}{Time}$$

Классификация объектов в видеопотоке

Этот объект (`Vision. Cascade Object Detector`) системы поставляется с несколькими предварительными классификаторами для обнаружения фронтальных лиц, профиля лица, носа, глаз и верхней части тела. Однако, эти классификаторы не всегда достаточно для конкретного применения. Система компьютерного зрения обеспечивает функции для подготовки пользовательских классификаторов.

Каскадный обнаружитель объектов системы компьютерного зрения (`Computer Vision System Toolbox`) может обнаружить категории объектов, чьи соотношение сторон не существенно различается. Такие объекты как лица, знаки остановки, и автомобили (с одной стороны). Этот объект (`Vision. Cascade Object Detector`) системы компьютерного зрения распознает объекты в изображениях, сдвинув окно над изображением. Затем детектор использует каскадный классификатор, чтобы принять решение, содержится ли в окне интересующий объект. Размер окна изменяется, чтобы обнаруживать объекты с различным масштабом, но его соотношение сторон остается неизменным. Детектор (обнаружитель) очень чувствителен к изменениям при вращении плоскости, так как формат изображения меняется для большинства трехмерных объектов. Таким образом, требуется обучить детектор для каждой ориентации объекта (то есть при различных углах поворота). Детектор обученный при одном ракурсе не будет работать для обработки всех ориентаций.

Метод каскадного классификатора

На каждом этапе классификатор маркирует область в виде положительно или отрицательно определенной. Текущая область определяется положением скользящего окна, где положительно определенная область – указывает на то, что объект обнаружен, соответственно отрицательно – на то, что ни одного требуемого объекта найдено не было. Если метка является отрицательной, то классификация этой области завершается, и скользящее окно детектора переходит на следующую область. Если метка определяется детектором как положительная, то классификатор пропускает эту область на сле-

дующий этап обработки. Далее детектор сообщает об объекте, найденном в текущем положении окна, и на заключительном этапе классифицирует регион как положительные.

При этом возможно три случая:

- истинно положительный – случай, когда положительно определенная область правильно классифицирована.

- ложноположительный – возникает, когда «отрицательная» область ошибочно классифицируется как «положительная».

- ложноотрицательный – возникает в случае, когда «положительная» область ошибочно классифицируется как «отрицательная».

Для корректной работы каскадного классификатора с требуемой вероятностью ошибки, необходимо чтобы было минимум ложно определенных областей. Если на текущей области объект маркируется неправильно, то классификация останавливается, при этом исправить ошибку весьма затруднительно.

Тем не менее каждая стадия может иметь высокие ложные срабатывания. Даже если детектор неправильно маркирует области изображения, как положительные, вы можете исправить ошибку.

Алгоритм обучения в методе каскадного классификатора

Обучение в методе каскадного классификатора требует множества наборов положительных и отрицательных образов. Следует обеспечить набор положительных образов с интересующими областями, указанных для использования в качестве положительных образцов. Так же необходимо обеспечить набор негативных образов, из которых алгоритм автоматически сгенерирует отрицательные образцы. Для обеспечения требуемой точности детектора, следует установить количество этапов, тип объекта, а также другие параметры и характеристики алгоритма (функции).

Алгоритм вычисляет количество положительных образцов, в которых она нуждается.

Заключение

Проведенный эксперимент позволяет предположить, что новые коды, построенные на основе моноциклических квазиортогональных матриц, позволяют расширить общую теорию кодирования сигналов и выполнить требования, предъявляемые к современным системам обнаружения.

В работе приведены результаты исследований по оценке характеристики новых кодовых последовательностей, часто применимыми на практике. Проведены особенности нахождения значений элемента b для новой кодовой последовательности неопределенной длины.

Результат этого исследования является основой для обеспечения большей помехоустойчивости зондирующих сигналов в радиолокационных каналах, а также повышения вероятности их правильного обнаружения.

Кроме того, полученные результаты позволяют сделать предположение о целесообразности и эффективности применения рассмотренных новых кодов для амплитудного и фазового модулирования радио сигнала.

Библиографический список

1. Моделирование процесса оценки координат объектов в двухпозиционной радиолокационной системе / В. А. Ненашев, Е. К. Григорьев, С. А. Ненашев, И. А. Алферова // *Материалы междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Томск, 2019. Ч. 4. С. 234–236.*
2. Обнаружение и оценка скорости подвижных объектов в оптико-локационных системах / А. П. Шепета, В. А. Ненашев, Е. К. Григорьев, С. А. Ненашев // *Научная сессия ГУАП: сб. докл. В 3 ч. Ч. II. Технические науки. СПб.: ГУАП, 8–17 апреля 2019. С. 455–459.*
3. Тимофеева Е. А., Ненашев В. А., Ненашев С. А. Применение алгоритмов машинного обучения при проведении гистологических исследований // *Научная сессия ГУАП: сб. докл. В 3 ч. Ч. II. Технические науки. СПб.: ГУАП, 8–17 апреля 2019. С. 460–467.*
4. Ненашев С. А., Залищук А. А., Антонов А. В. Анализ современных способов обнаружения и классификации физических объектов на сформированном изображении потока кадров // *72-я междунар. студенческая науч. конф. СПб.: ГУАП, 2019.*

5. Антонов А. В., Залищук А. А., Ненашев С. А. Поиск и исследование новых кодомодулированных сигналов // 72-я междунар. студенческая науч. конф., СПб.: ГУАП, 2019
6. Программа вычисления структурированных квазиортогональных матриц Мерсенна / А. А. Востриков, А. М. Сергеев, Д. В. Куртяник и др. // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019612775 РФ, опублик. 27.02.2019. Роспатент.

УДК 004.424.4

А. Е. Савенков

студент кафедры вычислительных систем и сетей

А. П. Шелета – профессор, доктор технических наук – научный руководитель

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПОИСКА СХОЖИХ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Широкое распространение аппаратуры, такой как цифровые камеры, смартфоны, сканеры и графические планшеты, привело к появлению огромного числа цифровых изображений.

Многие люди склонны к сохранению фотографий и изображений на различных устройствах в частности на персональных компьютерах. Размер образуемых массивов изображений может занимать от нескольких гигабайт до нескольких жестких дисков. Зачастую среди собранных архивов и коллекций в результате переносов, копирований или других обстоятельств могут появляться копии или схожие между собой изображения, которые занимают место. Использование ручного поиска схожих изображений в больших коллекциях является нецелесообразным из-за большой трудоемкости и низкой достоверности, поэтому востребована автоматизация данного процесса.

При разработке приложения способного производить поиск схожих изображений одной из важнейших задач является организация быстрого сравнения найденных изображений.

Прямое сравнение изображений является слишком ресурсоемкой задачей. Одним из популярных разрешений снимков в сегменте смартфонов является Ultra HD 4k. При организации попиксельного сравнения, двух фотографий в формате jpg с разрешением 3840 × 2160 и весом 1,5 МБ, суммарное количество операций необходимых для сравнения составляет приблизительно 25 миллионов за счет необходимости сравнения трех каналов у каждого пикселя [1]. В ходе тестирования с помощью приложения написанного на языке C# было выявлено что в среднем такой вариант сравнения занимает порядка 14 секунд с учетом загрузки каждого изображения в память, причем процесс загрузки в память занимает всего 150–200 мс. (миллисекунд). В случае если изображения имеют формат, поддерживающий альфа-канал, то время сравнения может возрастать до 18–19 секунд.

Используя небезопасный код можно ускорить процесс считывания путем фиксации памяти [2]. Тогда время обработки двух изображений сокращается до ~3,7 секунды, что все еще достаточно долго.

Процесс сравнения можно в значительной степени ускорить, проведя предобработку всех изображений и получив из них короткие последовательности, которые описывают их.

Один из вариантов поиска основан на обычном хешировании. Каждое изображение загружается в память и подвергается очистке от технической информации, обычно располагающейся в начале файла, такой как содержащаяся в EXIF [3]:

- модель камеры;
- производитель камеры;
- дата и время съемки;
- ISO;
- выдержка;
- диафрагма;
- географические координаты съемки;
- автор изображения;
- и т. д.

Данная очистка нужна для того что бы избавиться от влияния технической информации при сравнении и производить сравнение только графической части изображения. Далее используя алгоритм MD5 для каждого изображения получается хеш-сумма, то есть свертка. Для получения свертки можно использовать и другие алгоритмы хеширования. Все полученные свертки представляют из себя строки в шестнадцатеричной системе исчисления длиною 32 символа и занимают всего 64 байта в памяти [4].

Такой подход позволяет значительно сократить время на сравнение. Загрузка и расчет хеш-суммы для каждого изображения занимает от 200 до 300 мс, а сравнение каждой пары по полученной свертке в среднем 10 мс, что в значительной мере быстрее чем при попиксельном сравнении.

Единственным значительным недостатком такого подхода является то, что он рассчитан на поиск исключительно дубликатов и принимает изображения даже с малыми различием в одном пикселе как совершенно разные.

Для организации поиска схожих изображений существует второй вариант поиска. В его основе лежит перцептивное хеширование, которое позволяет находить схожие между собой изображения, к примеру, фотографии с небольшим смещением ракурса съемки или изображения, подвергшиеся применению фильтров [5].

Процесс получения перцептивного хеша начинается с предобработки изображений. Все изображения приводятся к единому масштабу, обычно кратному 16 и переводятся в градации серого. Затем в зависимости от интенсивности каждого пикселя, изображение переводится в строку бит, где черному соответствует 0, а белому – 1. Перевод строки бит в шестнадцатеричную систему исчисления позволяет сократить длину получившейся свертки в 4 раза.

Полученные свертки сравниваются путем расчета расстояния Хэмминга. В зависимости от соответствия расстояния Хэмминга диапазону допуска, который может определять пользователь установкой границы, изображения определяются как схожие или же отсеиваются.

Время требуемое на обработку и сравнение пары изображений

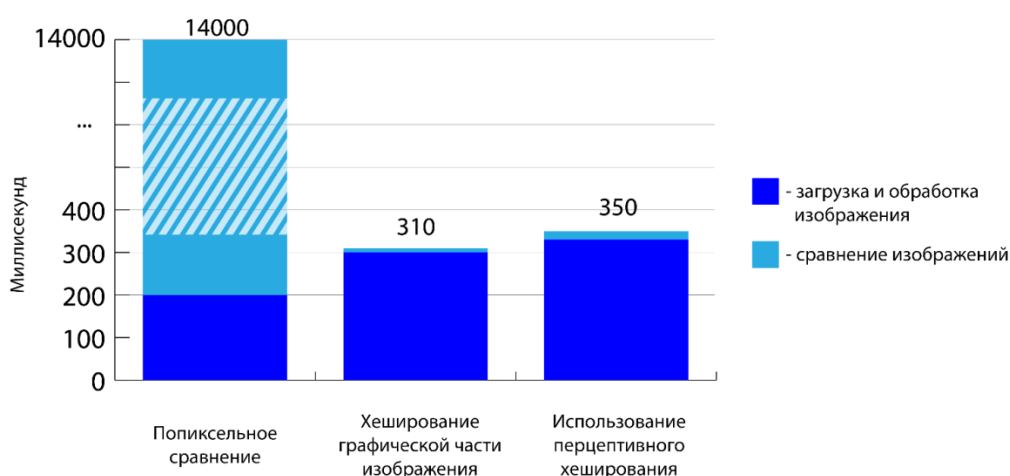


Рис. 1. Гистограмма времени необходимого на обработку пар изображений для описанных алгоритмов

Предобработка и сравнение двух изображений второго варианта поиска при приведении к масштабу 32 x 32 в среднем занимает 250–350 мс, что быстрее чем попиксельное сравнение, но немного дольше чем при хешировании графической части изображения как видно из гистограммы (рис. 1).

Важным преимуществом сравнения с использованием перцептивного хеширования, помимо возможности поиска изображений с различиями, является возможность модификации алгоритма для повышения достоверности, скорости и функциональных возможностей.

В результате работы над проектом было создано и отлажено приложение способное производить поиск и сравнение изображений по рассмотренным алгоритмам. В рамках развития проекта планируется произвести несколько модификации алгоритма, основанного на перцептивном хешировании и произвести их сравнение для выявления лучшего варианта, способного обеспечить лучшую достоверность поиска при сравнительно схожем времени обработки.

Библиографический список

1. Рафаэл Г., Ричард В. Цифровая обработка изображений. М.: Litres, 2019. 1105 с.
2. Joseph A., Ben A. C# 7.0 in a Nutshell: The Definitive Reference. М.: O'Reilly Media, 2017. 1088 p.
3. Спецификация EXIF. URL: <https://www.exif.org/Exif2-2.PDF>.
4. Спецификация MD5 хеширования. RFC-1321. URL: <https://phash.org>.

УДК 004.92

А. А. Семенова

магистрант кафедры вычислительных систем и сетей

Н. Н. Решетникова – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОГО ТРЕХМЕРНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ КОРЕЙСКОМУ ЯЗЫКУ

По мере развития наших знаний об окружающем мире и процессе познания меняются наши взгляды и на обучение в условиях новой мировой экономики. Для повышения эффективности обучения нужен переход от традиционного преподавания к модели учебного процесса, ориентированной на активную роль учащегося [1].

Необходимо разработать трехмерное приложение для обучения корейскому языку с использованием технологии интерактивного погружения.

Электронный образовательный ресурс (ЭОР) – совокупность программных средств, информационных, технических, нормативных и методических материалов, полнотекстовых электронных изданий, размещенных на компьютерных носителях и/или в сети Интернет [2]. ЭОР состоит из тематических элементов (ТЭ). Для каждого ТЭ имеется три типа электронных учебных модулей (ЭУМ) – модуль получения информации (И-тип), модуль практических занятий (П-тип), модуль контроля (К-тип).

Каждый ЭУМ автономен и представляет собой законченный интерактивный мультимедиа ЭОР, нацеленный на решение определенной учебной задачи.

Изучение иностранных языков включает в себя приобретение таких компетенций как письмо (грамматика и лексика), говорение, чтение и аудирование. В разрабатываемом приложении для обучения корейскому языку внимание уделено таким компетенциям как чтение и аудирование.

Для развития компетенции «Чтение» пользователю будет дана возможность выбора реплики на корейском языке из списка в моделируемой ситуации. Ответы NPC (Non-playable character, неигровой персонаж) также будут отображаться на экране по-корейски.

Для развития компетенции «Аудирование» задания, данные пользователю, а также все выбранные пользователем реплики и ответы NPC будут не только отображены на экране, но и озвучены на корейском языке.

Чтобы разрабатываемая система обладала структурой комплексного ЭОР, она должна содержать в себе элементы, соответствующие информации, практикуму и контролю. Данные элементы реализуются в одном тематическом учебном блоке.

В качестве информационного блока будет реализована возможность изучения теоретических уроков.

В качестве первого практического блока создана интерактивная 3D-модель ситуации покупки проездного билета в супермаркете посредством диалога с кассиром. Вид сцены выбран от первого лица, чтобы пользователю было проще ассоциировать себя с аватаром. Реплики отображаются на экране и озвучены на корейском языке, пользователь должен выбрать реплику из списка (рис. 1).

В качестве второго практического блока реализован интерактивный тест, при котором пользователь посредством перемещения ищет на сцене и подходит к требуемому в задании предмету (рис. 3, 4, 5). Текст задания отображается на корейском и русском языке.

В разрабатываемой интерактивной сцене реализованы следующие типовые задачи взаимодействия в 3D-средах:

- навигация – ориентация и перемещение по интерактивной сцене;
- селекция и сбор – поиск требуемых в задании предметов во время выполнения тестов;
- управление – в зависимости от выбранных пользователем реплик во время интерактивного диалога можно получить различные ответы NPC;
- манипуляция – выбор одной из типовых проездных карт во время диалога.

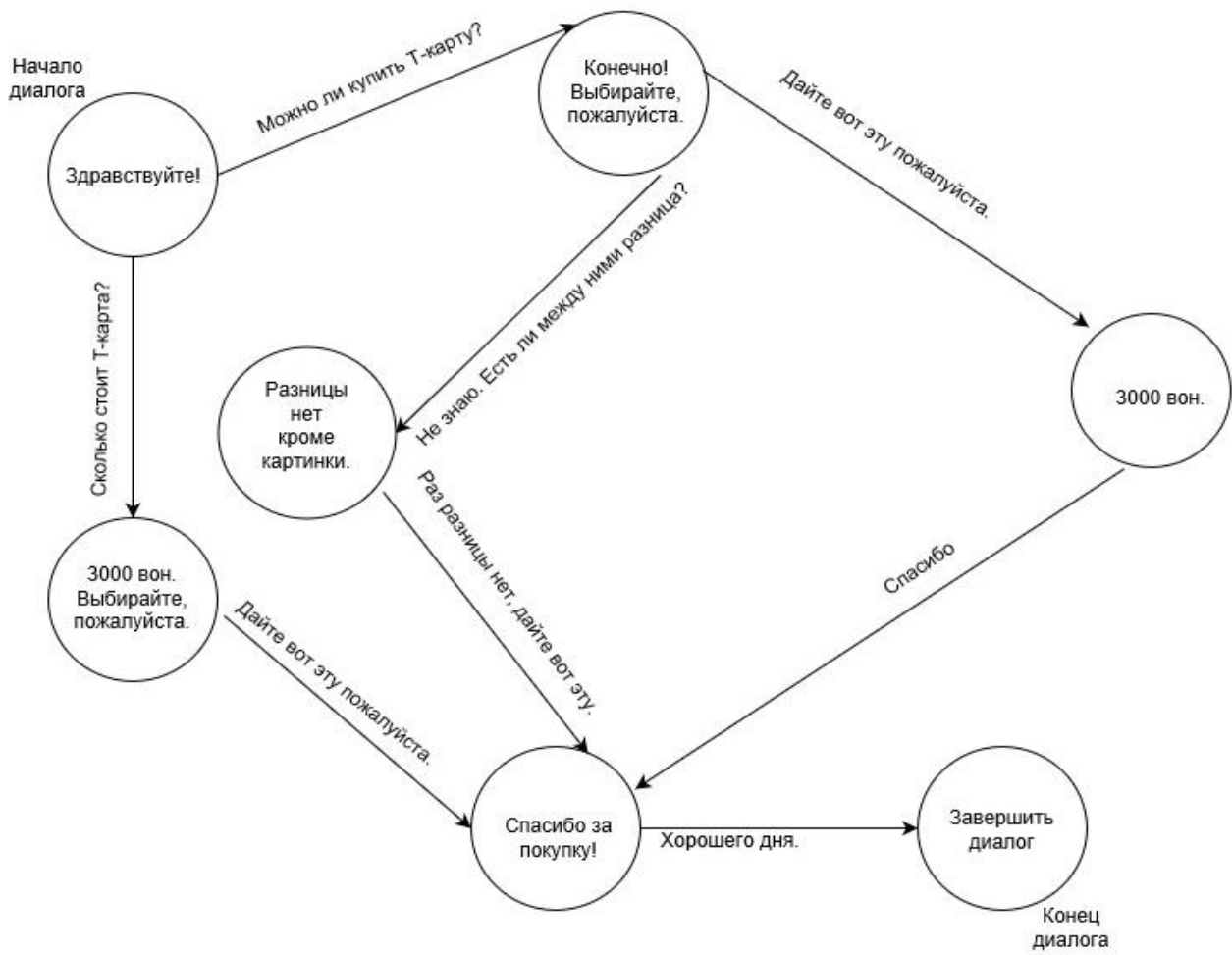


Рис. 1. Схема реализации диалога с кассиром



Рис. 2. Реализация диалога с кассиром



Рис. 3. В кадре видны напитки



Рис. 4. Сообщение с заданием

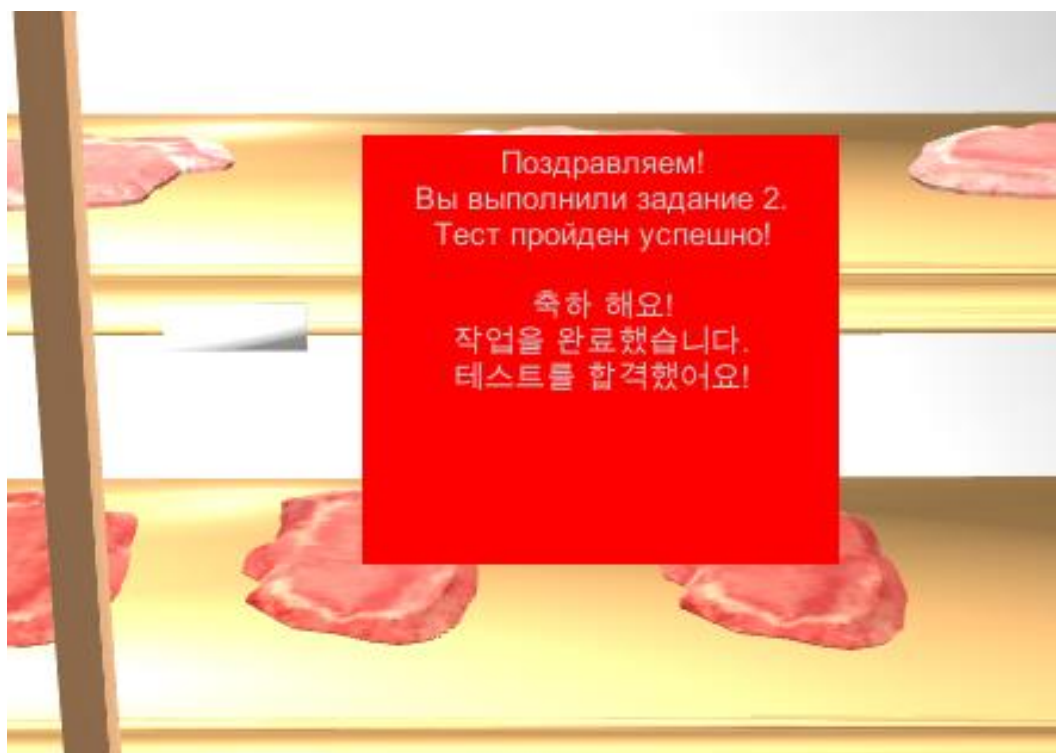


Рис. 5. Сообщение об успешном прохождении теста

Технология интерактивного погружения позволяет обеспечить погружение человека в определенную смоделированную ситуацию и взаимодействие с объектами этой среды в реальном времени с использованием различных характеристик человека.

К типовым задачам взаимодействия в 3D-средах относятся: навигация, селекция и сбор, манипуляция, управление [3]. Схема взаимосвязи приведенных понятий показана на рис. 6.



Рис. 6. Схема взаимосвязи понятий

При изучении иностранного языка очень важно практическое закрепление материала. Поэтому в заключении можно отметить, что прохождение интерактивных тестов по иностранному языку позволит сэкономить большое количество времени и усилий для получения более глубоких практических знаний.

Библиографический список

1. Войскунский А. Е. / Под ред. М. Б. Игнатъева, А. В. Никитина, А. Е. Войскунского. Архитектура виртуальных миров: монография. СПб.: ГУАП, 2009. 287 с.
2. Институт ЮНЕСКО по информационным технологиям в образовании: Основы разработки электронных образовательных ресурсов. URL: <https://www.intuit.ru/studies/courses/12103/1165/lecture/19307> (дата обращения: 01.12.2018).
3. Addison-Wesley 3D-user interfaces: Theory and practice / D. Bowman, E. Kruijff, J. LaViola, I. Poupyrev. 2004. 512 p.

УДК 004.92

М. В. Павлов

студент кафедры вычислительных систем и сетей

Н. Н. Решетникова – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ АНИМИРОВАННЫХ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ПЕРСОНАЖЕЙ В 3D-MAX

Трёхмерная графика и анимация, открывающие двери в мир виртуальной реальности, занимают особое место среди компьютерных технологий, а пакет 3D-Studio MAX компании Autodesk является одним из самых популярных среди приложений для трёхмерного моделирования, анимации и рендеринга. Он обладает всеми необходимыми средствами для создания анимационных роликов и потому используется большинством разработчиков компьютерных игр и незаменим в компьютерной мультипликации и художественной анимации.

Сложившийся процесс создания анимированного персонажа в пакетах 3D-моделирования можно условно разделить на следующие основные этапы: проектирование и разработка модели персонажа; проектирование и описание движений персонажа; генерация сложных движений на основе последовательности движений; сохранение информации о движении и последующее воспроизведение этой информации.

Большинство анимируемых персонажей состоят из оболочки и скелета. При наложении оболочки в виде полигональной сетки и отрисованной текстуры, хранящейся в отдельном файле, и дальнейшем копировании, она может деформироваться, поэтому необходимо привязать оболочку к скелету таким образом, чтобы при дублировании персонажа оболочка не деформировалась как показано на рис. 1.



Рис. 1. Деформация оболочки при дублировании персонажа

Создание скелета персонажа, связывание его с оболочкой и дальнейшая анимация с использованием метода ключевых кадров достаточно длительный и трудоемкий процесс.

В докладе основное внимание уделено разработке трёхмерных анимированных персонажей и их моделей, созданных с использованием сервиса Autodesk Character Generator [1].

Рассмотрим технологический процесс разработки на примере создания двух анимированных персонажей, соревнующихся в беге. Технология создания анимации включает следующие этапы: создание скелета; анимирование скелета; связывание оболочки и скелета; дублирование персонажей; наложение анимаций на персонажей.

Создание и анимирование скелета

На первом этапе с помощью встроенного в пакет 3D-Studio MAX модуля Biped создается модель скелета, которая будет использоваться при создании обоих персонажей. Далее для модели создаются статичные позы скелета и с помощью инструментов Copy/Paste и Key Info модуля Biped они копируются на различные отметки временной шкалы с передвижением скелета вперед, как показано на рис. 2. Для вставки отраженной позы используется функция Paste Posture Opposite. После этого полученная анимация сохраняется в отдельный файл с расширением *. bip.

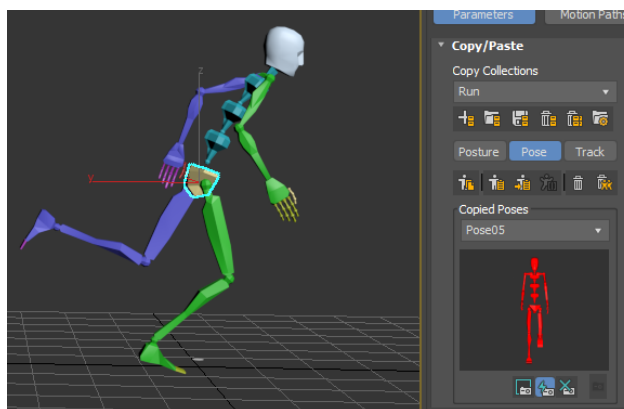


Рис. 2. Создание анимации персонажа

Таким образом, создается несколько анимаций движения, которые в дальнейшем объединяются в единую комбинацию, задающуюся для каждого персонажа отдельно. Для некоторых анимаций передвижения можно воспользоваться вспомогательным инструментом Footstep Mode, который позволяет задавать движение персонажа по следам [2].

Далее приступаем к соединению получившихся анимаций в единую дорожку. Для этого в режиме Motion Mixer [3, 4] поочередно загружаются готовые анимации для каждого персонажа отдельно. На ленте отображается количество кадров, которое занимает каждая анимация, а также отметки переходов от одной анимации к другой. На рис. 3 представлен результат микширования для каждого персонажа. Готовая цепочка анимаций также сохраняется в отдельный файл с расширением *. mix.

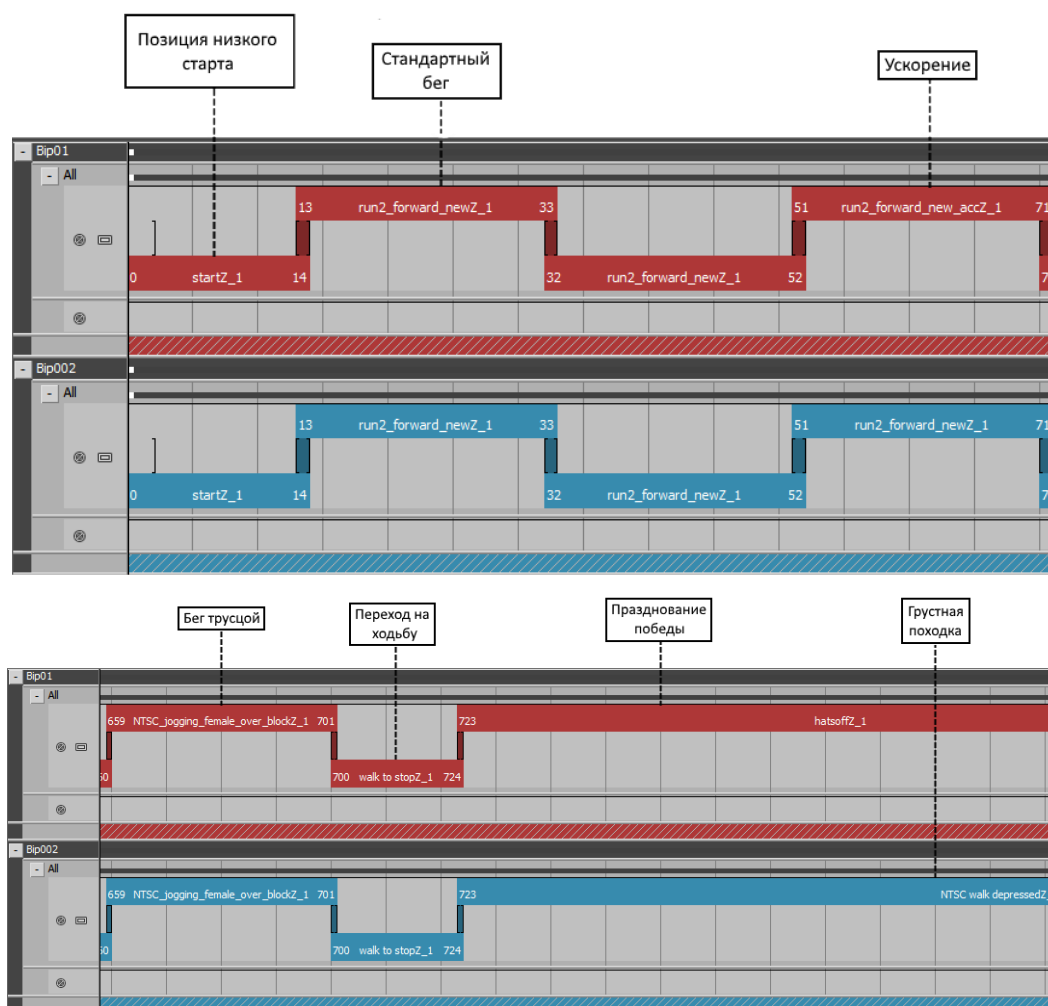


Рис. 3. Использование Motion Mixer для объединения анимаций

Связывание оболочки и скелета, дублирование персонажей и наложение готовой анимации

После того, как разработана полноценная анимация, следует приступить к разработке модели (оболочки) внешнего вида персонажа и его связи со скелетом. К этой задаче нужно отнестись внимательно, поскольку, как было указано выше, в дальнейшем могут возникнуть проблемы с копированием персонажа. Такая ситуация может возникнуть при работе с готовой оболочкой, наложенной на скелет, хранящейся в формате *. max. Чтобы избежать этой проблемы следует воспользоваться условно бесплатным сервисом Autodesk Character Generator [1]. Он позволяет создать, благодаря библиотеке элементов внешности, кастомизированную оболочку, которая сохраняется в формате *. fbx. На рис. 4 показан пример создания модели персонажа с помощью Character Generator.

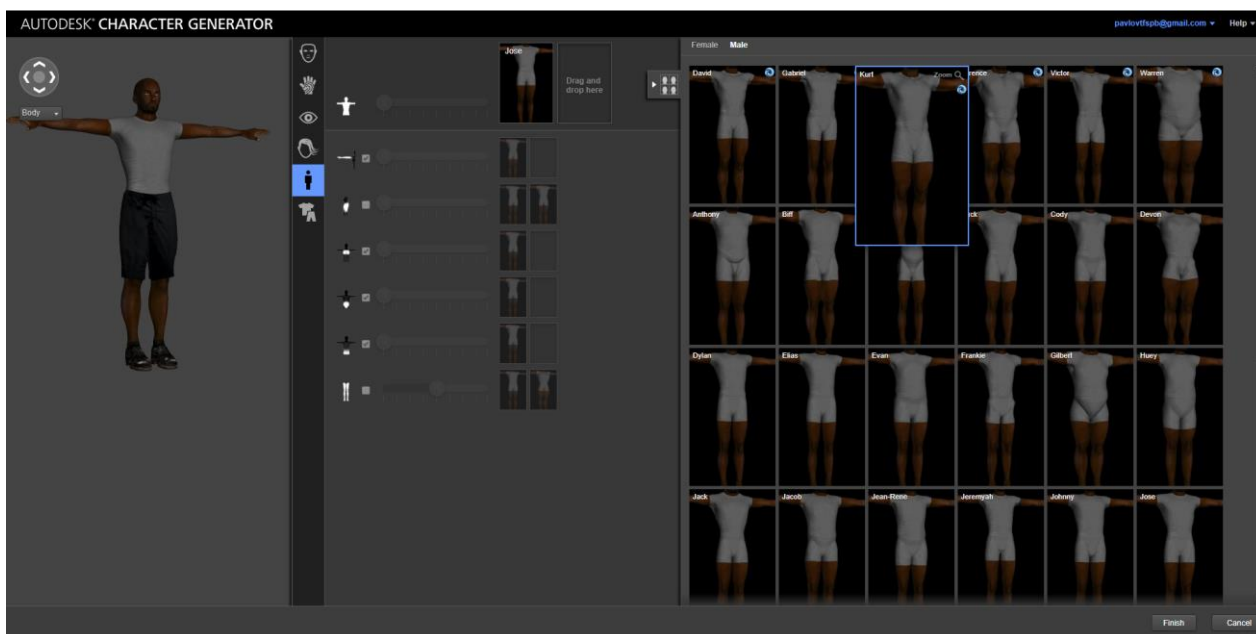


Рис. 4. Создание оболочки для персонажа с помощью Autodesk Character Generator

Поскольку оболочка, созданная с помощью Character Generator, имеет fbx-формат, ее наложение на скелет, созданный в 3D-Max с помощью инструмента Viped невозможно, так как fbx-модель имеет собственную структуру скелета. Для решения этой проблемы в скачиваемом архиве с моделью хранится файл со скриптом в формате *. ms. Он позволяет конвертировать скелет из оболочки в fbx-формата в скелет, полученный с помощью модуля Viped, использующийся в 3Ds-Max. Для этого требуется: экспортировать в 3D-Max подготовленную модель в fbx-формате и затем перетащить файл со скриптом с моделью персонажа. В итоге будет сгенерирован Viped с привязанной к нему оболочкой, которого можно будет успешно дублировать. К тому же, оболочка персонажа будет максимально корректно привязана к костям скелета.

Для того чтобы скопировать готового персонажа на первом этапе, следует воспользоваться встроенной функцией Create a Character. Сначала выделяются все элемента скелета, затем нажатием на одноименную кнопку на панели инструментов создается объект, связывающий все кости скелета. Далее, выделив персонажа можно скопировать его полностью, используя функцию Clone. Таким образом, персонажи будут правильно дублированы без наличия каких-либо артефактов, как показано на рис. 5.

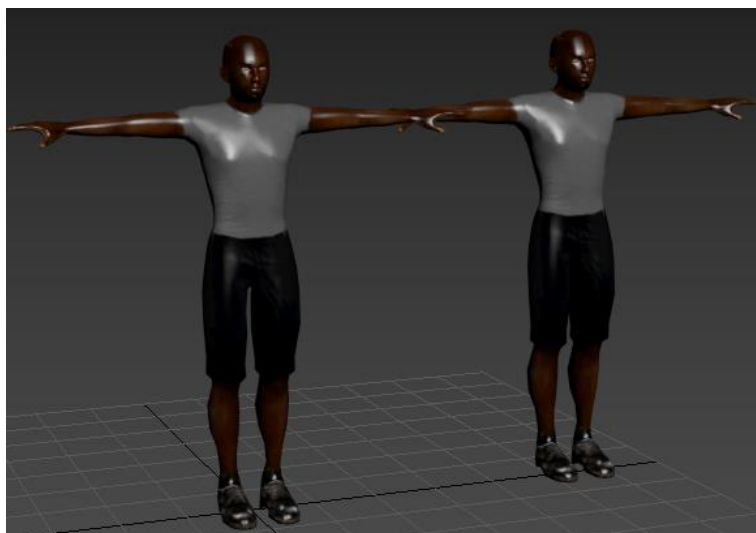


Рис. 5. Создание оболочки для персонажа с помощью Autodesk Character Generator

Для переноса готовой анимации на нескольких персонажей следует загрузить через Motion Mixer подготовленный ранее файл с анимационными клипами и привязать к каждому скелету готовую последовательность с помощью команды Copy to Viped.



Рис. 6. Результат привязки анимации к клонированным моделям персонажей

В заключении следует отметить, что приведенный в докладе подход позволяет корректно клонировать персонажей с привязанным скелетом и назначать им индивидуальное поведение при помощи подготовленных в Motion Mixer анимационных клипов.

Библиографический список

1. Autodesk Character Generator URL: <https://charactergenerator.autodesk.com> (дата обращения: 20.03.2019).
2. Мэрдок К. Autodesk 3Ds Max 2013. Библия пользователя. М.: Диалектика, 2013. 816 с.
3. Viped's Motion Mixer – 3DS Max. URL: https://www.youtube.com/watch?v=zY9bmP_cvys (дата обращения: 20.03.2019).
4. Tutorial Motion Mixer en 3D-Studio Max. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=OKH13rW5P5g> (дата обращения: 20.03.2019).

УДК 378:004

С. В. Фильковский

магистрант кафедры вычислительных систем и сетей

А. В. Никитин – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ НА ОСНОВЕ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТЕЙ

Использование виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальностей открывает много новых возможностей в обучении и образовании, которые слишком сложны, затратны по времени или дороги при традиционных подходах.

Нет такого количества теоретических знаний, которые могут гарантировать успех любого дела без практического опыта. В некоторых сферах отсутствие практики – это просто преступление против профессии.

Специалистам часто требуется постоянная практика новых методов работы для повышения квалификации. Далеко ходить не нужно, вспомним про пилотов, операторов сложной техники, военных, хирургов и этот список можно значительно расширить.

Всем представителям этих профессий виртуальная реальность будет просто необходима и принесет столь необходимый опыт еще до того, как они получают физический доступ к реальным самолетам, технике, оружию и пациентам.

Профессионалы практически в любой сфере смогут получить первый физический опыт или улучшить свои навыки. Это поможет сэкономить огромные средства на обучении и оборудовании, поможет предотвратить травмы и несчастные случаи, а прошедшие обучение в VR будут лучше подготовлены перед встречей с реальными профессиональными задачами.

Именно поэтому многие частные и гос. корпорации проявляют активный интерес в обучении своих сотрудников с помощью электронных образовательных ресурсов на основе виртуальной и дополненной реальности. Все большее распространение получают VR тренажеры, они погружают пользователя в виртуальную среду, приближенную к реальной, где ему необходимо решить поставленную задачу.

Например, компания НПЦ «Новатранс» – реализовала ряд таких тренажеров для обучения сотрудников РЖД:

- смена железобетонных шпал на щебеночном балласте при отдельном скреплении кб;
- переборка изолирующего стыка на накладках «апатэк» со скреплением кб;
- охрана труда работа на высоте;
- и другие.

Данные программы работают в двух режимах:

- обучения – приложение с помощью текстовых подсказок, последовательно шаг за шагом указывает что пользователю как нужно правильно делать;
- экзамена – пользователь предоставлен сам себе, он должен исходя из своего опыта выполнить поставленную задачу.

Исходя из их результатов, VR тренажеры помогли уменьшить травматизм на 63 %, в 2 раза сократить срок подготовки бригад к ремонтным работам, в 2,5 раза время поиска и устранения эксплуатационных отказов, на 45 % срок простоя оборудования и на 60 % период профессиональной подготовки и переподготовки сотрудников.

Еще одним видом электронных образовательных ресурсов на основе VR/AR являются учебники с дополненной реальностью. Они не требуют кардинальных изменений методики преподавания и не ликвидируют бумажные учебники, к которым за много веков привыкли и педагоги, и обучаемые, а расширяют возможности учебника.

Не секрет, что многим педагогам в силу возраста (средний возраст учителей в России – 52 года) сложно воспринимать современные IT-технологии, столь привычные для школьников и студентов. AR книги устраняют такой разрыв: учебник сохраняет свой привычный вид, а его обычные страницы служат маркерами, распознаваемыми приложением для дополненной реальности.

Такие Российские компании, как «Увлекательная реальность» уже внедряют такие учебники в сферу общеобразовательных, профессиональных и специализированных учебных заведений, ее разработками являются:

- *Образовательный комплекс по физике* – Цифровое интерактивное методическое пособие для изучения физики с повышенным уровнем вовлечения в учебный процесс за счет технологий дополненной реальности, трехмерной графики и 3D-стереоскопии.

- *Учебник физики с дополненной реальностью* – мобильное приложение для «оживления» страниц печатного учебника с помощью технологии дополненной реальности. В этой версии продукта маркерами дополненной реальности являются страницы школьного учебника, на которых, при просмотре через мобильное устройство, разворачиваются анимированные трехмерные сцены и «живые» демонстрации процессов и явлений по изучаемой теме.

Так же мной в рамках мероприятия Hack University 2018, был разработан прототип приложения AR/VR электронный учебник, в котором описанные ранее виды электронных образовательных ресурсов на основе VR/AR были объединены. Это приложение получило первое место в номинации образование. Данный проект являлся дополнением к уже существующему учебнику по истории космонавтики, он расширяет функционал учебника за счет использования технологий виртуальной, дополненной реальности и трехмерной графики и рассчитан на использование в школах.

В нем была реализована сцена первого полета человеком в космос в режиме виртуальной реальности, где он взаимодействовал с кораблем, режим разбора корабля с подробным описанием его деталей. Так же приложение было наполнено маркерами и 3D-моделями для дополненной реальности, каждая модель был с уникальной анимацией.

Компания *Lab24* провела испытания разработанных книг с дополненной реальностью в общеобразовательных школах г. Тулы, их результатом стал, существенный рост успеваемости (до 25–27 %) и повышение интереса к естественно-научным дисциплинам.

Из всего выше перечисленного можно выделить четыре основных достоинства применения электронных образовательных ресурсов на основе виртуальной и дополненной реальности:

- *Наглядность.* Используя 3D-графику, можно детализировано показать химические процессы вплоть до атомного уровня. Причем ничто не запрещает углубиться еще дальше и показать, как внутри самого атома происходит деление ядра перед ядерным взрывом. Дополненная реальность способна не только дать сведения о самом явлении, но и продемонстрировать его с любой степенью детализации.

- *Безопасность.* Молодые хирурги могут начинать практику оперирования гораздо раньше того момента, когда их подпускают к трупам, не говоря уже о живых пациентах. Операция на сердце, управление сверхскоростным поездом, космическим шаттлом, техника безопасности при пожаре – можно погрузить зрителя в любое из этих обстоятельств без малейших угроз для жизни.

- *Вовлечение.* Виртуальная и дополненная реальность позволяет менять сценарии, влиять на ход эксперимента или решать математическую задачу в игровой и доступной для понимания форме. Во время виртуального урока можно увидеть мир прошлого глазами исторического персонажа, отправиться в путешествие по человеческому организму в микрокапсуле или выбрать верный курс на корабле Магеллана.

- *Фокусировка.* Виртуальный мир, который окружит зрителя со всех сторон на все 360°, позволит целиком сосредоточиться на материале и не отвлекаться на внешние раздражители.

Библиографический список

1. Судницкий В. Виртуальная реальность в образовании. URL: <https://vrgeek.ru/obrazovanie-v-vr> (дата обращения: 08.04.2019).
2. НПЦ «Новатранс», VR-тренажеры. URL: <http://npcat.ru/catalog/vr--ar/vr> (дата обращения: 08.04.2019).

УДК 004.58

Н. А. Дубинин

студент военного учебного центра

А. А. Бакланов – начальник отдела ВКС, полковник – научный руководитель

РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО РУКОВОДСТВА ПО ОПЕРАТИВНЫМ ФОРМАМ ПОДГОТОВКИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ САМОЛЕТА ИЛ-76 НА ОСНОВЕ CALS-ТЕХНОЛОГИЙ

CALS-технологии призваны служить средством, интегрирующим промышленные автоматизированные системы в единый многофункциональный комплекс. Целью интеграции автоматизированных систем проектирования и управления является повышение эффективности создания и использования сложной техники. Жизненный цикл изделий включает ряд этапов начиная от зарождения идеи нового продукта до его утилизации по окончании срока использования.

Цель данной работы состоит в повышении эффективности эксплуатации системы электроснабжения самолета Ил-76 специалистами инженерно-авиационной службой (ИАС), а также в разработке интерактивного электронного технического руководства (ИЭТР) для обучения будущих авиационных инженеров и техников по выполнению работ на авиационной технике (АТ). Это достигается использованием современных CALS-технологий, предусматривающих создание универсальной электронной документации, в которой информация о летательном аппарате будет изложена в максимально полном и доступном виде. В настоящее время при технической эксплуатации воздушных судов все еще используется бумажная документация: технологические карты, технические руководства, спецификации, инструкции и т. д. Замена перечисленных бумажных носителей на ИЭТР (интерактивное электронное техническое руководство) позволит повысить качество обучения и обслуживания техники, сокращения затрачиваемого времени.

Задача данной работы заключается в разработке ИЭТР по оперативным формам подготовки системы электроснабжения самолета Ил-76. Данное ИЭТР необходимо для выполнения предполетной, предварительной, послеполетной подготовки, а также подготовки к повторному вылету самолета. Для разработки использовались программные продукты Cortona 3d Rapid Author и Blender.

Blender позволяет моделировать 3D-объекты, которые легко интегрируются в Cortona 3d Rapid Author. Критериями выбора данного редактора стали: профессиональное свободное и открытое программное обеспечение; удобный интерфейс; множество обучающего материала в интернете; широкие возможности экспорта/импорта; простой процесс моделирования; широкие возможности работы с материалами моделей. В нем была построена упрощенная 3D-модель самолета Ил-76 с элементами системы электроснабжения, которые используются при выполнении работ на данном воздушном судне. Модель была разбита на части для поэлементной индикации при просмотре ИЭТР. После того, как все необходимые элементы были смоделированы, мы произвели их сборку в единый объект.

Cortona 3d Rapid Author – комплексный программный продукт, который позволяет интегрировать информацию об объекте в различной форме отображения и является основой создаваемого ИЭТР. Основными критериями выбора этого программного продукта стало наличие русского интерфейса и подробного справочного материала. Интерфейс Rapid Author позволяет создавать как обучающие программы, так и тестирующие. В состав Rapid Author входят программы:

Rapid Manual – продукт для создания трехмерных интерактивных технических руководств по ремонту оборудования, техническому обслуживанию, сборке/разборке оборудования;

Rapid Learning – создания учебных курсов для обучения персонала работе со сложным оборудованием;

Rapid Generator – импортер 3D-моделей;

Rapid Administrator – средство управление проектами.

Готовую модель самолета Ил-76 импортировали в Cortona 3d Rapid Author, где создали анимацию маршрутов оперативных форм подготовок, и добавили текстовую информацию. По окончании работы по проектированию ИЭТР, сохранили программу в двух форматах: PDF документ (электронное руководство) и HTML страницу (ИЭТР).

В конечном итоге мы получили полностью автономную HTML-страницу (рис. 1), которая состоит из двух областей:

1. Окно «Документ» показывает документ, созданный в соответствии с выбранным стандартом. Документ содержит пошаговое описание иллюстрированной технической процедуры (содержание, меры безопасности, тип, код, название работы, трудозатраты, предыдущая операция, последующая операция, порядок и инструкции выполнения работ, используемые инструменты и приспособления, КПА и КИА, расходный материал и ГСМ). Шаг процедуры может содержать интерактивные элементы, щелкая которые можно увидеть соответствующий момент процедуры в 3D-окне или соответствующую иллюстрацию в 2d-окне.

2. 3D-окно показывает трехмерное представление технической процедуры, описание которой расположено в окне «Документ». Техническую процедуру можно просматривать, используя панель воспроизведения и команды навигации. Направляющие оси в правом верхнем углу 3D-окна позволяют определить положение и направление модели в трехмерном пространстве.

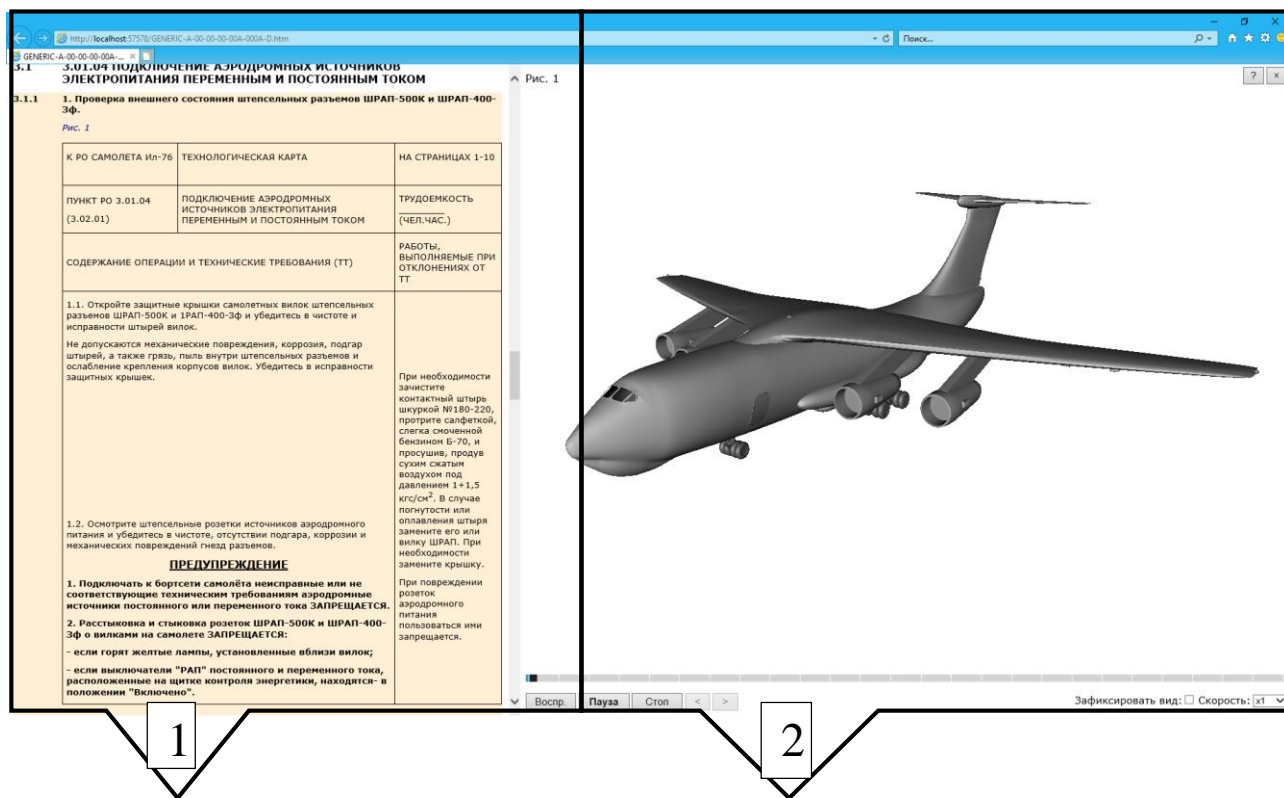


Рис 1. Окно ИЭТР

ИЭТР может работать в двух режимах: просмотра и задачи. Первый режим позволяет просмотреть анимацию всех выполняемых операций или с помощью вкладки «Документ» выбрать необходимую операцию. Этот режим предназначен для ознакомления специалистов с характером проводимых работ на самолете Ил-76. Второй режим позволяет последовательно изучить методику выполнения на вертолете операций. Каждое действие в окне 2 (рис. 1) сопровождается пояснениями в окне 1 в виде текстовых документов и инструкций, которые необходимо знать при эксплуатации данного воздушного судна (рис. 2).

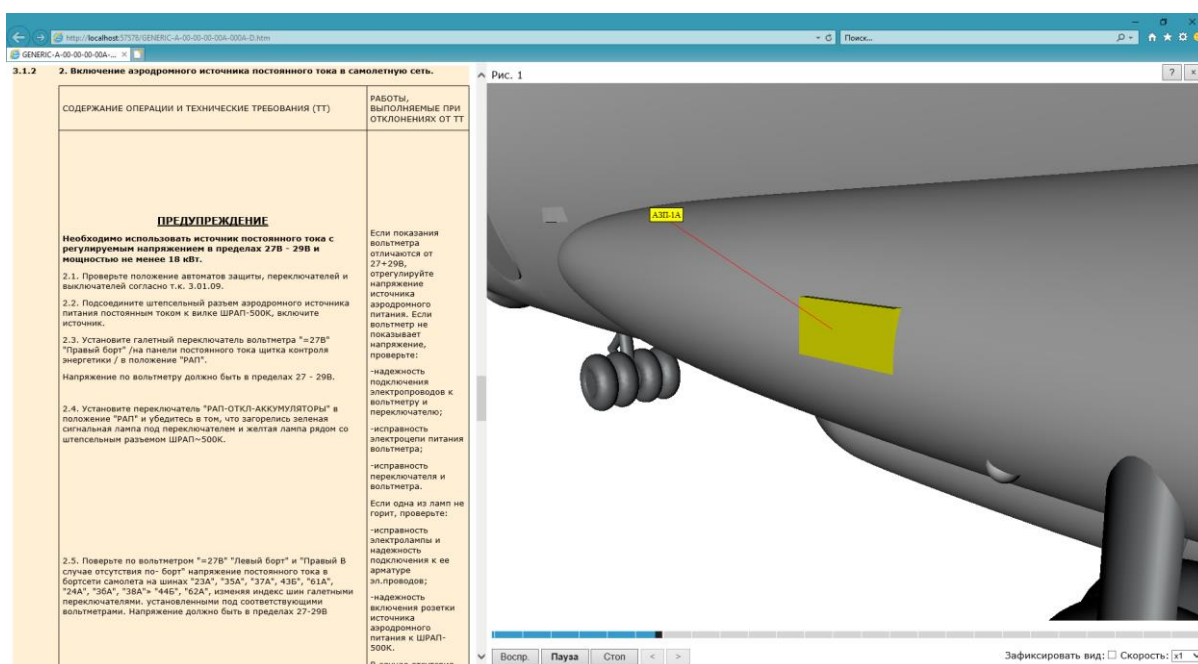


Рис. 2. Отображение элемента в 3D-окне

В перспективе ИЭТР будет охватывать все виды работ, производимых на воздушном судне. Таким образом, разработанное ИЭТР для проведения оперативных форм подготовки системы электропитания самолета Ил-76 позволит улучшить качество подготовки ИТС инженерно-технического состава, проводимых работ и сократить время на эксплуатацию и ремонт воздушных судов, что играет большую роль в безопасности полетов, а для авиации ВКС в боеготовности.

В дальнейшем стоит задача внедрения идеи интерактивного руководства в ИАС (инженерно-авиационную службу). Они дают нам возможность обучать работе на необходимом виде технике без опасений вывода ее из строя. Для использования ИЭТР личный состав ИАС должен иметь доступ к интернету и ЭВМ (электронно-вычислительной машине) с поддержкой САПР (системы автоматизированного проектирования).

Библиографический список

1. Федеральные авиационные правила инженерно-авиационного обеспечения государственной авиации. URL: <https://www.twirpx.com/file/2170991> (дата обращения: 16.04.2019).
2. Blender3d. 3D-моделирование и анимация. URL: <https://usemind.org/331-blender-3D-modelirovanie-i-animatsiya> (дата обращения: 10.04.2019).
3. Самолет Ил-76. Инструкция по технической эксплуатации. Ч. 5. Гл. 51. Авиационное оборудование. Система электроснабжения самолета. URL: [www.aviadocs.net/rle/il-76\(n,td\)/cd1/ite_76_td/Il-76TD_ITYE_ch3_gl33.pdf](http://www.aviadocs.net/rle/il-76(n,td)/cd1/ite_76_td/Il-76TD_ITYE_ch3_gl33.pdf) (дата обращения: 01.04.2019).
4. Технологические указания по выполнению регламентных работ на самолете Ил-76. Вып. 2. Обслуживание электрооборудования (Оперативные формы РО). URL: <https://armyman.info/books/id-721.html> (дата обращения: 11.04.2019).
5. Методы управления качеством интерактивных электронных технических руководств по эксплуатации и ремонту авиационной техники. Фролова Елена Александровна. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, 2019. URL: fs.guar.ru/dissov/frolova_ea/full.pdf (дата обращения: 07.04.2019).
6. Cortona 3D. Создание интерактивных электронных технических руководств и учебно-тренировочных приложений. URL: <https://www.cortona3d.com/sites/default/files/downloads/creating-procedures-ru.pdf> (дата обращения: 08.04.2019).
7. Костюков В. Д. CALS-технологии в технологической подготовке производства авиакосмической техники. М.: МАИ, 2010. 56 с.

УДК 519.686

И. А. Козуб

студент военного учебного центра

О. И. Мухортов – кандидат технических наук, доцент – научный руководитель

ЗАДАЧА ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ КРИТИЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В АСУ

Под надежностью в широком смысле понимается свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Надежность вычислений зависит от надежности вычислительной техники и надежности программного обеспечения. Надежность вычислительной техники хорошо изучена, есть множество методов и подходов ее повышения. Надежность программного обеспечения, согласно ГОСТу, характеризуется с помощью следующих характеристик: стабильность, устойчивость и восстанавливаемость [1]. Подходы к формированию показателей надежности программного обеспечения в литературе рассмотрены, а именно: стабильность и устойчивость характеризуют безотказность программного обеспечения, а восстанавливаемость – возможность восстановления функционирования программного обеспечения после его отказа, а также зависимость вида ошибок программного обеспечения от тяжести последствий (см. табл. 1)

Таблица 1

Категории тяжести ошибки в программном обеспечении, нарушение работоспособности которого могут привести к катастрофическим последствиям

| Номер категории ошибки | Наименование категории тяжести ошибки | Описание последствий ошибки |
|------------------------|---------------------------------------|--|
| IV | Катастрофическая | проявление ошибки влечет за собой повреждение системы и окружающей среды и/или гибель и тяжелые травмы людей |
| III | Критическая | проявление ошибки влечет за собой повреждение системы и окружающей среды, но не угрожает жизни и здоровью людей |
| II | Существенная | проявление ошибки влечет за собой прекращение функционирования программного обеспечения (его отказ) без заметного повреждения системы и угрозы жизни и здоровью людей |
| I | Несущественная | проявление ошибки может повлечь за собой снижение эффективности функционирования программного обеспечения и практически не приводит к возникновению отказа в нем (вероятность возникновения отказа очень низкая) |

Однако надежность программного обеспечения в литературе рассматривается как тестирование и отладка программного обеспечения. К сожалению, когда ошибки в программном обеспечении приводят к катастрофическим последствиям, в том числе и смерти людей, данный подход теряет свою актуальность.

Методов и подходов к решению данной проблемы крайне мало.

Традиционно, повышения надежности вычислений добиваются в процессе дублирования и троирования ЦВК. В сравнении результатов вычисления по какой-либо схеме с использованием троирования и без его использования можно сделать вывод, что устройство, собранное по первой схеме будет иметь больший вес и энергопотребление, а также стоимость, чем по второй схеме, что является неприемлемым в случае, когда дело касается подвижных объектов.

Классическими программными методами повышения надежности программного обеспечения являются:

Возможные отказы и меры повышения надежности по блокам

| Функциональный блок ПО | Возможные отказы | Меры предосторожности |
|--|---|---|
| Подключение библиотек/модулей | – отсутствие в системе необходимой библиотеки; – несовместимость подключаемых библиотек; – синтаксические ошибки | Загрузка необходимых внешних ресурсов в программное окружение при первом обращении. Использование отладочного компилятора |
| Ввод исходных данных | – выход из допустимого диапазона данных; – неверный формат данных; – синтаксические ошибки | Проверка исходных данных на допустимость (должны быть выделены все группы допустимых/недопустимых данных). Проверка формата данных, при необходимости преобразование данных к необходимому формату. Использование отладочного компилятора |
| Функциональные блоки, содержащие обработку исходных данных | – логические ошибки: отсутствует инициализация переменных; неверно заданы условия выхода из цикла; неверно индексирован цикл; неправильно задан переход по ветвям алгоритма; не учтена возможность появления отрицательных значений переменных, малых и больших величин и пр.; – синтаксические ошибки | Построение логических цепочек и тестовых заданий для каждой ветви алгоритма; аккуратный и логичный стиль написания, как можно меньшее использование программистских трюков; анализ кода с помощью специальных анализаторов; пошаговая трассировка и пр. Использование отладочного компилятора |
| Вывод результата | – отсутствие необходимого устройства вывода; – неверный формат выводимых данных; – синтаксические ошибки | Резервное копирование результата в создаваемый файл. Проверка формата данных, при необходимости преобразование данных к необходимому формату |

Почему не используется чисто программные методы повышения надежности? Из-за своей малой производительности. Так как в таком случае сложность алгоритма резко увеличивается и в реальном времени может сложиться такая ситуация, что время на вычисление будет превышать допустимое.

Отметим, что рассмотрение надежности программного продукта с точки зрения функционального подхода, тем не менее, не лишено ряда недостатков. Так, количество, и степень тяжести последствий от возникновения отказов и сбоев того или иного функционального блока могут быть разными. Но данное упущение можно устранить, если в общем случае функциональные блоки в рассматриваемой формуле при расчете интегрального показателя надежности будут иметь разные весовые характеристики.

Таким образом, задачей ближайших исследований будет адаптация методов повышения надежности технических систем к программному обеспечению, а, следовательно, повышение надежности вычислений.

Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93.
2. Дроботун Е. Б. Критичность ошибок в программном обеспечении и анализ их последствий // *Фундаментальные исследования*. 2009. № 4. С. 73–74.

УДК 681.5:53.08

В. В. Кульбик

студент военного учебного центра

А. А. Бакланов – научный руководитель

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЛОГИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ В ПРОЦЕССАХ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Современная сложная авиационная техника, требует значительных затрат материальных средств, для поддержания ее в рабочем состоянии. Так как жизненный цикл современного воздушного судна составляет десять и более лет, затраты на поддержание в работоспособном состоянии превышают его исходную стоимость, что составляет значительную проблему в эксплуатации авиационной техники (рис.1).



Рис. 1. Распределение затрат на поддержку жизненного цикла воздушного судна

Для решения данной проблемы американскими специалистами в 1990-х гг. была разработана технология интегрированной логической поддержки (ИЛП), имеющая международный стандарт S1000D. На основании данных требований российскими специалистами были реализованы отечественные стандарты, отвечающие международным (рис. 2).

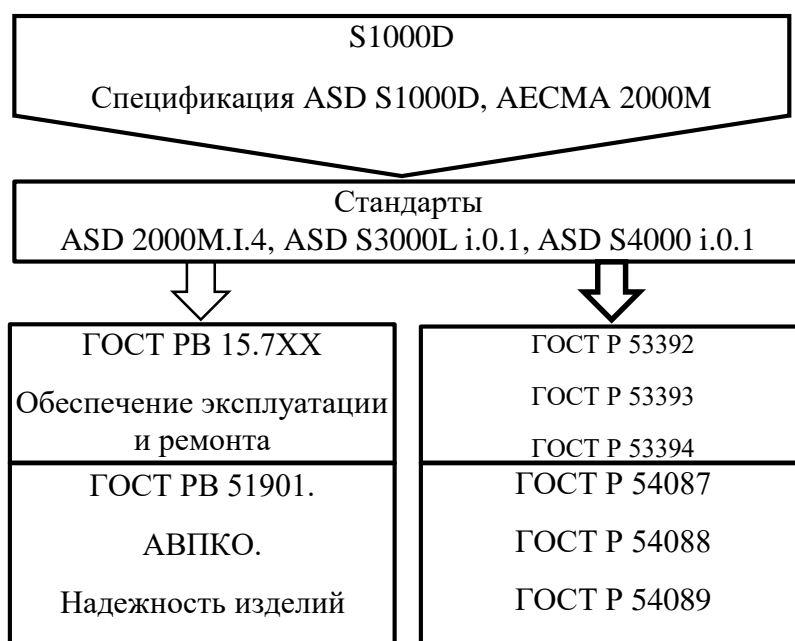


Рис. 2. Базовые документы по стандартизации ИЛП

ИЛП представляет собой совокупность инженерной деятельности с информационно-техническими средствами, которые направлены на создание структурированной информационной базы, способной стать опорным источником технической информации. Созданная база называется интерактивной электронной технической базой (ИЭТБ) и обеспечивает всей необходимой технической документацией, начиная от разработки изделия и заканчивая его утилизацией, т.е. на всем протяжении жизненного цикла изделия (ЖЦИ). Данная база составляется из соответствующих руководств (ИЭТР) и соответствует своему этапу ЖЦИ.

На данный момент существует тенденция использования ИЭТР на авиационных предприятиях и организациях только на стадиях разработки проектно-конструкторской и технологической документации, так как данная технология позволяет снизить себестоимость производства авиационной техники путем интеграции информационно-технической логистики. При этом дальнейшее обеспечение ЖЦИ ВС в эксплуатирующих организациях выполняется текстовыми электронными документами.

Данная тенденция обеспечивается наличием:

- необходимой технической документации ВС;
- специально обученного персонала;
- технического оборудования и программ;
- дополнительных ресурсов.

Сам процесс создания ИЭТР носит долгий и кропотливый характер. Данное руководство создается в два основных этапа:

- реализация трехмерной модели изделия в САПР-программе;
- синтез всех информационно-технических документов с реализованной моделью изделия в специальной ИЭТР-программе.

На рис. 3 представлен пример трехмерной модели кабины воздушного судна Ан-26, разработанной в учебной версии программного продукта SolidWorks 2018. Графическое соответствие проектируемой модели с реальным изделием предоставит возможность в дальнейшем создать более точное и полное техническое руководство.



Рис. 3. Трехмерная модель кабины пилота ВС Ан-26

Основными приоритетами при выполнении данного этапа являются: соответствие реальной модели, соблюдение пропорций между объектами и детальность тех объектов, на которые будут направлены задачи разрабатываемого руководства. Реализованная модель ВС может дорабатываться и использоваться в других руководствах по назначению. После выполнения операций по первому этапу, созданный файл импортируется в ИЭТР-программы.

Данные программы могут отличаться друг от друга, но имеют одинаковые принципы построения:

- наличие модульных программ, которые выполняют свои функции (модули редактора текста, иллюстраций, администрации, импорта файлов и т. п.);
- наличие «синтез-программы», способной подключать модули и редактировать информацию;
- наличие программы для отображения ИЭТР.

На рис. 4 представлена импортированная модель кабины пилота в ИЭТР-программу.



Рис. 4. Модель кабины пилотов Ан-26 в ИЭТР – программе

В ней используется следующие модули:

- модуль структуры импортированных объектов;
- диалоговое окно, в котором происходит взаимодействие разработчика с моделью;
- модуль «технических комментариев» может выводиться на «диалоговое окно»;
- модуль «текстовой редакции».

На рис. 5 представлен данный модуль отдельной программой, он работает на тех же принципах что и большинство популярных текстовых редакторов для удобства разработки. Модуль предназначен для создания текстовой документации и ассимиляции с графическими, видео файлами, что позволяет использовать в ИЭТР чертежи, графики, инструкции, схемы и т. п.

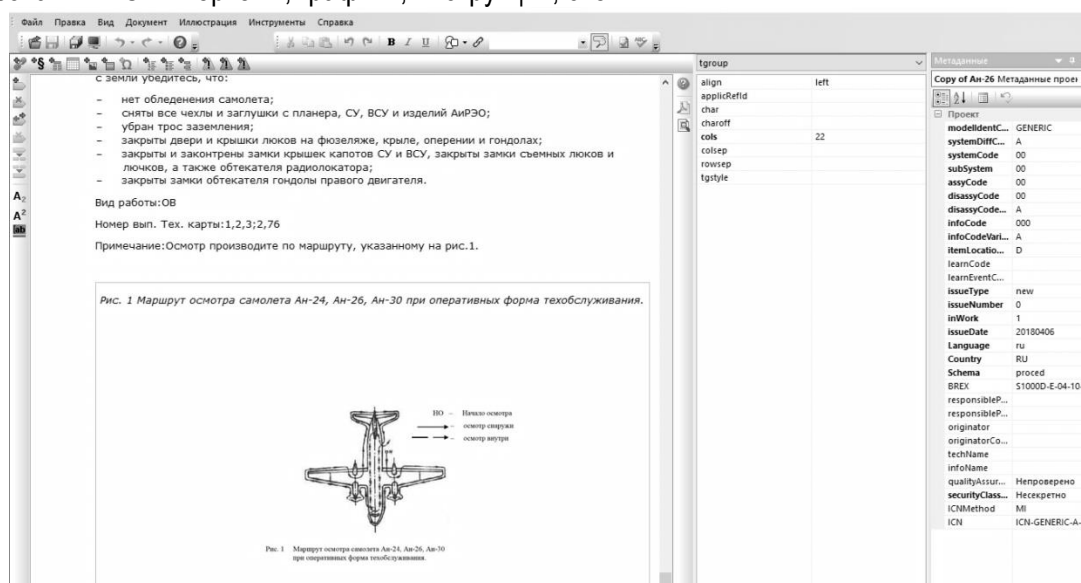


Рис. 5. Текстовая программа для редакции ИЭТР

Под данными модулями (рис. 5) расположены 3 окна, созданные через текстовый модуль:

- текстовая структура ИЭТР;
- комментарии, предназначенные для ориентации в технической документации;
- временное окно, для реализации длительности технических действий, комментариев в диалоговом окне.

При выполнении всех операций, ИЭТР-программа создает папку с файлами, как ссылку на источник и имеет вид, представленный на рис. 6.

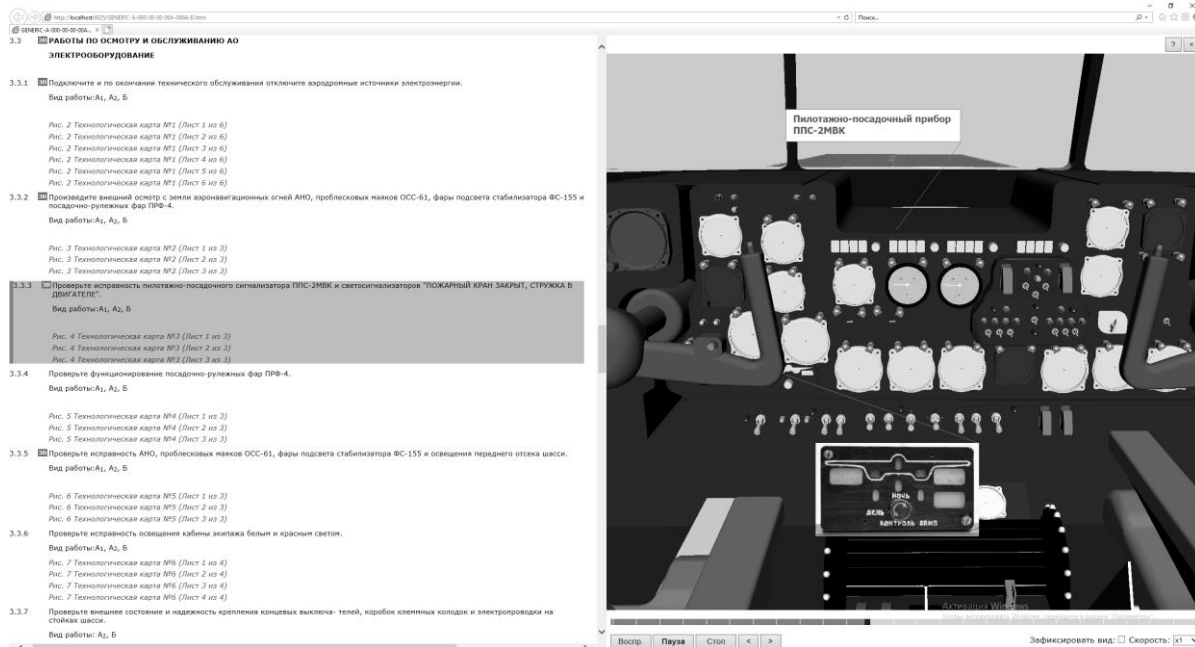


Рис. 6. Пример разработанного ИЭТР

ИЭТР состоит из двух окон: текстового и трехмерного отображения. В текстовом окне представлен регламент технического обслуживания, таблица форм технического обслуживания и графический вид технических карт, в которых заключается алгоритм обслуживания авиационной техники на ВС. В окне трехмерного отображения предоставляется модель изделия, анимация запрограммированных действий и комментарии.

Данное руководство позволит использовать его как интерактивную техническую документацию, но и так же как тренажер для подготовки специалистов по технической эксплуатации реальной авиационной техники.

Библиографический список

1. Норенков И. П. Информационная поддержка наукоемких изделий (CALS-технологии) / МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.
2. Колчин А. Ф. Управление жизненным циклом продукции. М.: Анахарсис, 2002.
3. Судов Е. В. Технологии интегрированной логистической поддержки изделий машиностроения. М.: Информбюро, 2006.
4. Братухина А. Г. Российская энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение. М.: ОАО НИЦ АСК, 2008.
5. Судов Е. В. Технологии интегрированной логистической поддержки в процессах жизненного цикла авиационной техники. М.: Эдитус, 2018.

УДК 94(4)

Р. Е. Ткач

студент военного учебного центра

Д. В. Коликов – старший преподаватель – научный руководитель

УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗАРЯДА И РАЗРЯДА АВИАЦИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Авиационные аккумуляторные батареи (АКБ) относятся к химическим источникам тока.

Аккумуляторами принято называть такие химические источники тока, действие которых основано на использовании обратимых химических реакций.

Аккумуляторы после разряда допускают неоднократный повторный заряд путем пропускания тока от внешней электрической цепи в обратном направлении (через аккумулятор). Несколько аккумуляторов, электрически последовательно соединенных между собой и размещенных в общем корпусе, образуют аккумуляторную батарею.

Авиационные аккумуляторные батареи по назначению делятся на бортовые, устанавливаемые на самолете, и аэродромные.

Бортовые аккумуляторные батареи являются аварийным источником энергии на борту воздушного судна, предназначены для питания электроэнергией:

- потребителей в системе автономного запуска двигателей в тех случаях, когда нет возможности запустить его с помощью аэродромного источника энергии;
- приемников 1-й категории при отказе в полете основных источников постоянного тока;
- радиостанции на месте вынужденной посадки;
- приемников электроэнергии при буксировке воздушного судна на земле.

Кроме того, бортовые аккумуляторные батареи предназначены для снятия пиков перегрузки в момент переключения мощных потребителей с генераторов или трансформаторно-выпрямительных устройств при работе с ними.

Одной из характеристик аккумуляторов, характеризующих его заряд, является емкость.

Емкость – величина, соответствующая количеству электричества в ампер-часах, которое аккумулятор может отдать при разряде от начального до конечного напряжения.

Емкость определяется запасом активных веществ, коэффициентом их использования и в значительной степени зависит от величины разрядного тока и температуры электролита.

Если аккумулятор теряет свою емкость, то это может привести к невозможности автономного запуска авиационных двигателей или невозможности его использования по прямому назначению, а именно как аварийного источника электрического тока на борту воздушного судна. Таким образом, возникает необходимость контроля заряда (емкости) АКБ во время выполнения полета.

Причин потерь емкости аккумулятора много. Одной из них является перезаряд аккумулятора. Во время полета аккумуляторы подзаряжаются от основной системы электроснабжения. В тех случаях, когда время полета незначительно (полет истребителей без дозаправки в воздухе) вероятность перезаряда аккумуляторов мала, но у самолетов военно-транспортной и дальней авиации продолжительность полетов много больше, а с дозаправкой в воздухе может увеличиться вдвое, как следствие вероятность перезаряда аккумуляторов увеличивается. В данной статье рассматривается схема, которая позволит контролировать процесс подзарядки во время полета.

Для осуществления контроля заряда в электрическую схему подключения АКБ на воздушном судне подключен контроллер LTC4015

LTC4015 – это универсальный контроллер заряда аккумуляторов различных типов: литий-ионные/полимерные или свинцово-кислотные. Принцип работы заключается в следующем: цифровая телеметрическая система отслеживает состояние питания, IBAT, RBAT, температуру аккумулятора, VIN-номер, VSYSTEM. Таким образом осуществляется полный мониторинг процесса заряда АКБ.

Контроллер LTC4015 был выбран исходя из его особенностей:

- он имеет интегрированный 14-битный аналого-цифровой преобразователь (АЦП);
- может работать в широком диапазоне входного напряжения от 4,5 до 35 В;
- обладает широким диапазоном напряжений заряжаемой батареи – до 35 В;

- максимальный зарядный ток с транзистором – 20 А;
- имеет функцию слежения за точкой максимальной мощности;
- есть возможность контроля по I2C порту управления;
- обладает широким температурным диапазоном работы от – 65 до +150 °С;
- имеет небольшие габариты – микросхема доступна в 38-выводном 5 х 7 мм корпусе;
- возможен мгновенный запуск с разряженным аккумулятором.

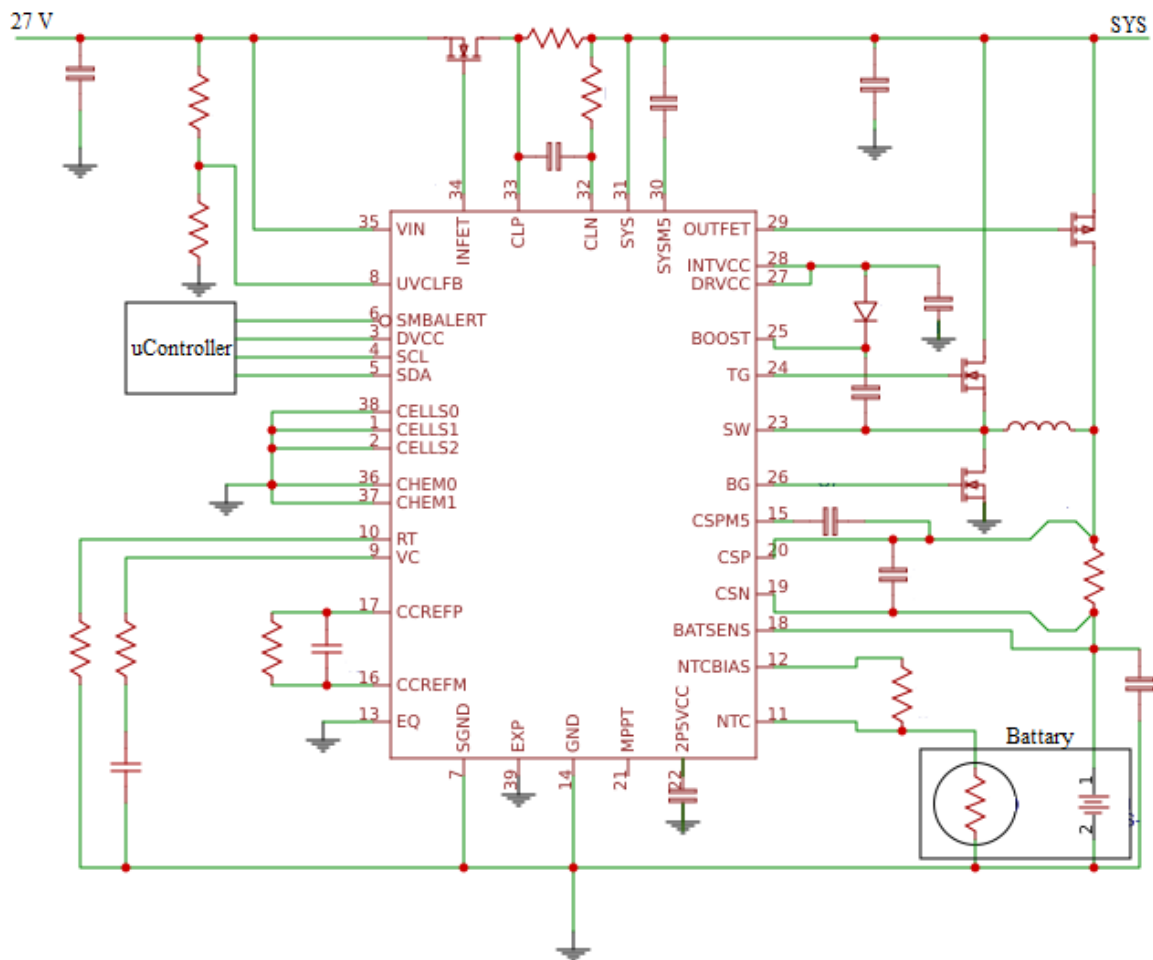


Рис. 1. Принципиальная схема LTC4015

Существует положительная практика применения контроллера LTC4015 для контроля заряда литий-ионных АКБ, например:

- в портативных медицинских приборах;
- в промышленных контроллерах освещения;
- в ноутбуках и планшетных компьютерах.

Схема подключения LTC4015

Входное ограничение тока и сам зарядный ток точно запрограммирован резисторами и может быть индивидуально отрегулирован по шине I2C последовательного порта. Цифровая система контролирует все силовые параметры.

Безопасность процесса дополнительно улучшается таймером. Контроллер LTC4015 также включает в себя автоматическую перезарядку, дозарядку и термистор защиты. Порт I2C позволяет пользователю настраивать многие алгоритмы заряда.

Из графика эффективности понижающего зарядного устройства по току зарядки аккумулятора видно, что при токе заряда порядка 2,5–3,5 А достигается максимальная эффективность понижающего зарядного устройства – 98 %.

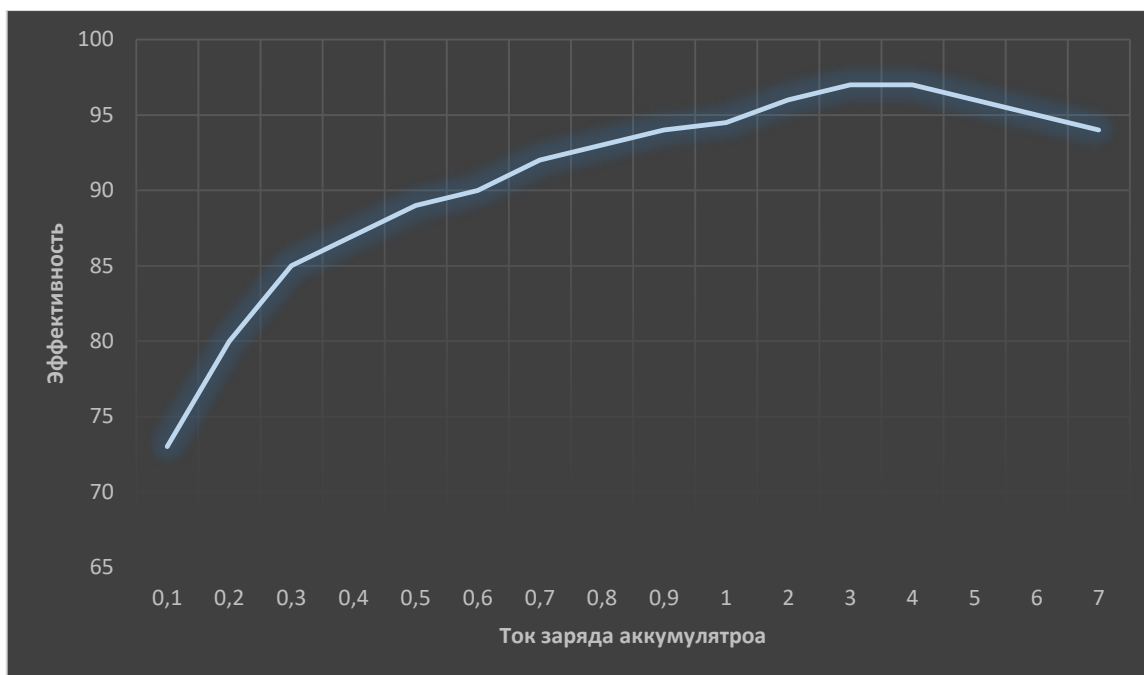


Рис. 2. График эффективности понижающего зарядного устройства по току зарядки аккумулятора



Рис. 3. Интеграция LTC4015 в общую схему подключения

Таким образом, в электрическую схему подключения авиационных аккумуляторных батарей на воздушном судне включена специализированная микросхема для заряда различных аккумуляторов, как более современных литиевых (в зависимости от летно-технических характеристик воздушных судов), так и уже применяемых свинцово-кислотных и никель-кадмиевых. Причем ток до 20 А позволит заряжать авиационные аккумуляторные батареи любой мощности.

Данное устройство можно встроить в крышку авиационной аккумуляторной батареи. С учетом ее габаритов, она практически не добавит веса аккумулятору и при этом увеличит ресурс авиационных аккумуляторных батарей. Программирование для каждого типа воздушного судна осуществляется в индивидуальном порядке.

Применение контроллера LTC4015 в электрической схеме подключения авиационных аккумуляторных батарей на воздушном судне позволит увеличить ресурс авиационных аккумуляторных батарей как аварийных источников электроэнергии и тем самым повысить шанс на успешное выполнение боевой задачи, а также увеличить срок службы авиационных аккумуляторных батарей и сократить расходы на их эксплуатацию.

Библиографический список

1. Дорофеев С.С. Авиационные приборы. М.: Военное издательство, 1992.
2. Курбатов П. А. Электрические и электронные аппараты. М.: ЮРАЙТ, 2016.
3. Шишмарев В. Ю. Средства измерения. М.: Академия, 2009.
4. Шишмарев В. Ю. Измерительная техника. М.: Академия, 2012.

СРЕДНЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Факультет СПО

УДК 623.746.-519

В. П. Косов, И. К. Баранов

студенты факультета СПО

Н. В. Савельев – кандидат технических наук – научный руководитель

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

В настоящее время существует много задач требующих применения летательных аппаратов, таких как мониторинг чрезвычайных ситуаций, при поисково-спасательных операциях, аэрофотосъемка, обследование промышленных объектов, доставка небольших грузов и много других.

В большинстве случаев для всех этих целей, применяются самолеты и вертолеты. Использование их, зачастую не целесообразно, с экономической точки зрения, а в некоторых случаях опасно и вредно для здоровья экипажа. В таких случаях рациональнее всего применять беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Существуют различные классификации БПЛА, такие как [1]:

1. БПЛА с жестким крылом (БПЛА самолетного типа);
2. БПЛА с гибким крылом;
3. БПЛА с вращающимся крылом (БПЛА вертолетного типа);
4. БПЛА с машущим крылом;
5. БПЛА аэростатического типа.

Чаще всего есть необходимость не просто облететь территорию, а зависнуть на одном месте, пролететь в стесненных условиях, осмотреть какую-то конструкцию, иметь возможность садиться и взлетать с небольшой площадки, в этих случаях БПЛА вертолетного типа подходит как нельзя лучше. Такие аппараты классифицируются по следующим схемам [1]:

- с одновинтовой схемой;
- двухвинтовая соосная схема;
- двухвинтовая поперечная схема;
- бикоптеры;
- реактивный вертолет;
- винтокрылы;
- автожир;
- конвертоплан;
- многовинтовые вертолеты (мультикоптеры).

Одними из самых распространенных БПЛА вертолетного типа являются мультикоптеры подразделяющиеся на:

- трикоптер (TriCopter);
- Y6-коптер;
- квадрокоптер (quadcopter);
- гексакоптеры;
- октокоптеры;
- и др.

Они разнообразны по конструкции, характеристикам, масштабируемостью (мультизадачностью). И их можно разделить, условно, на три группы:

- игрушки;
- профессиональные (для фото-, видеосъемки, трансляции спортивных мероприятий, доставка груза (посылок));
- специализированные (обследования водной акватории, спасательные операции и т. д.).

Анализ рынка БПЛА вертолетного типа показал, что все эти летательные аппараты имеют конструкцию, как несущую (рама, корпус) так и электронную (блок управления, электрические двигатели и т. д.), заточенную под конкретную задачу. Многие из них имеют возможность масштабируемости, то есть имеют возможность нести на своем борту разнообразную аппаратуру, такую как видео или фото аппаратуру, разнообразные приборы и датчики.

Но на рынке нет БПЛА вертолетного типа который можно было бы быстро сконфигурировать под конкретную задачу из однотипных элементов. То есть нет модульных БПЛА вертолетного типа, у которых из однотипных элементов (модулей) можно было бы собрать за минимальный промежуток времени аппарат, заточенный под конкретную задачу: будь то максимальная грузоподъемность, дальность полета, повышенная стабильность полета и зависания.

Работа направлена на совершенствование конструкции модульного БПЛА вертолетного типа, состоящего из однотипных элементов, из которых можно собирать как конструктор различные по назначению БПЛА. Характеристики собранного БПЛА будут зависеть от его конфигурации – квадрокоптер, гексакоптер, октокоптеры – будут отличаться скоростью, грузоподъемностью и дальностью полета.

Были рассмотрены несколько вариантов модулей. Первый из них это соединение лучей с корпусом с применением способа типа «ласточкин хвост» рис. 1. На рисунке условно показан один луч, соединенный с корпусом.

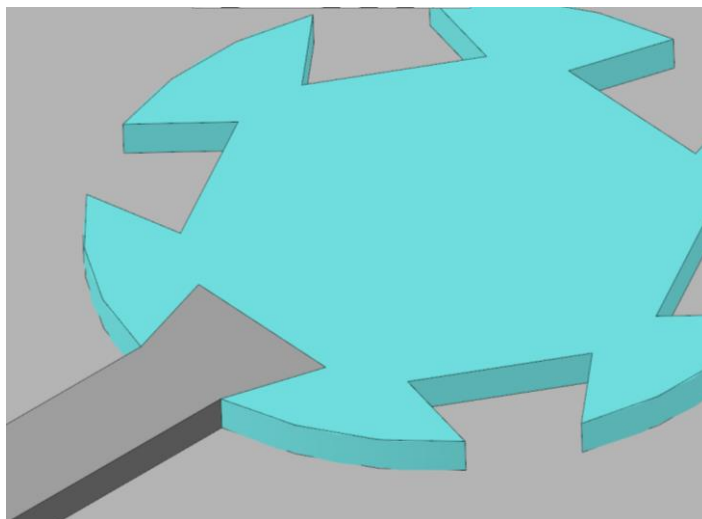


Рис. 1. Соединение луча с корпусом «ласточкин хвостом»

Следующий способ соединения – шарнирный (рис. 2). На рисунке показан один луч с креплением по бокам в виде шарниров.

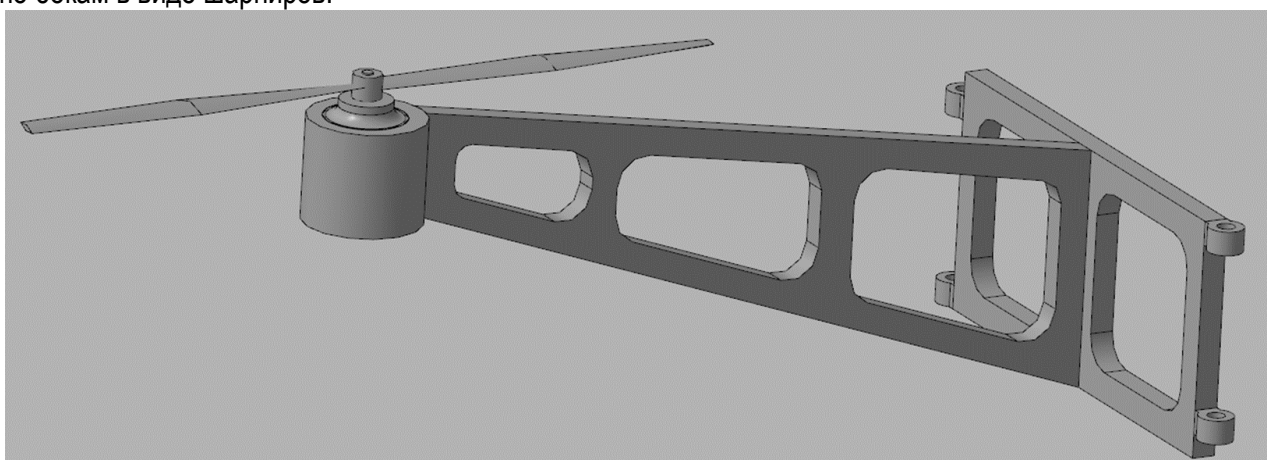


Рис. 2. Шарнирное соединение

Также было рассмотрено соединение лучей с корпусом посредством крепежных элементов (болтовое соединение) (рис. 3).

Рассмотренные варианты совершенствования конструкции позволяют достаточно быстро собирать разные по количеству лучей мультикоптеры. Но у каждого из них есть свои достоинства и недостатки. Так, у первого способа быстро сборно-разборная конструкция, но элементы лучей и корпуса должны быть сделаны пустотелыми, иначе конструкция всего собранного мультикоптера будет иметь большую массу. Но если сделать конструкцию пустотелой, то внутри конструкции можно разместить электронные компоненты, провода, аккумуляторные батареи. Что благоприятно скажется на аэродинамике и защитит электронные компоненты от неблагоприятных внешних факторов.

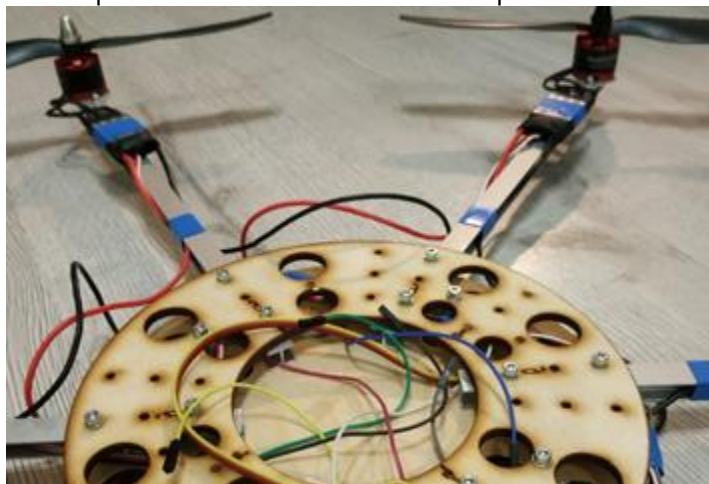


Рис. 3. Соединение лучей с корпусом крепежными элементами

Во втором варианте конструкция получается достаточно прочной и легкой. Так же может быстро собираться и разбираться. Но есть несколько недостатков, таких как: размещение электронных компонентов на лучах и корпусе требует их дополнительной защиты от внешних факторов. И при сборке различных вариантов мультикоптеров необходимо иметь в наличии несколько корпусов отличающихся по количеству посадочных мест лучей. Что дополнительно потребует перестановки и управляющей электроники из корпуса в корпус.

Третий вариант имеет прочную конструкцию, позволяет быстро собирать и разбирать конструкцию. В этом варианте лучи сделаны из двухтавра, которые крепятся к одному корпусу, в различных сочетаниях по количеству. Предполагается, что корпус будет иметь оболочку для защиты электронных компонентов от неблагоприятных внешних факторов.

В целом можно отметить, что предложенные варианты модулей позволят унифицировать элементы конструкции мультикоптеров, что позволит производить сборку БПЛА вертолетного типа в максимально короткие сроки под разные функциональные задачи.

Библиографический список

1. Фетисов В. С. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние / Под ред. В. С. Фетисова. Уфа, 2014.

УДК 681.5

Д. Э. Горбуля

студент факультета СПО

А. И. Савельев – научный руководитель**РАЗРАБОТКА РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА С ГОЛОСОВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

В настоящее время на современных предприятиях достаточно широко применяются возможности робототехники и мехатроники. Появление роботов дало резкий толчок к развитию автоматизации производства, которая дает увеличение производительности и эффективности производства. Однако в повседневной жизни человека роботы не так часто встречаются, поскольку отсутствует острая необходимость в применении роботов в повседневной жизни. Как правило, работы различных видов производит человек часто, в одиночку. В основном речь идет о работах, связанных с ремонтом и сборкой каких-либо механизмов или устройств, а также электроникой и электротехникой. При выполнении этих работ зачастую человеку необходима помощь в выполнении дополнительных функций, таких как: поддержка инструмента или элементов собираемой конструкции, подсветка в необходимом месте или фиксация различных мелких деталей. Существующие статические приспособления: настольные лампы, держатели, фиксаторы и т. д. выполняют только одну функцию и нуждаются в ручной настройке. Робот-манипулятор может заменить все эти устройства без необходимости ручной настройки, т. к. управление будет происходить посредством голосовых команд и жестов.

В ходе работы над проектом был спроектирован и собран робот-манипулятор, способный в полуавтоматическом режиме содействовать человеку при проведении различных работ в бытовых условиях. В процессе проектирования были решены следующие задачи:

- проанализированы конструкции существующих роботов-манипуляторов и выбрана наиболее подходящая для использования в бытовых условиях;
- изучен рынок бытовых роботов-манипуляторов, проанализированы их недостатки;
- собрана конструкция робота-манипулятора согласно выбранной конфигурации кинематической цепи;
- разработано программное обеспечение для платы управления, которое будет легко модернизироваться и дополняться новым функционалом.

На первом этапе было проведено исследование существующего рынка роботов-манипуляторов, и на его основе был выбран оптимальный тип манипулятора – шарнирный. Он был выбран исходя из условий высокой маневренности и покрытия достаточно большого пространства, при небольших размерах.

Конструкция робота, состоит из алюминиевых деталей черного цвета, которые были доработаны под конкретную конструкцию робота-манипулятора (рис. 1). В суставах установлены сервоприводы двух видов:

- DS3325MG с крутящим моментом 25 кг/см (в тех местах, где нагрузка на суставы максимальна);
- MG995R с крутящим моментом 15 кг/см (в тех местах, где нагрузки небольшие).

В качестве платы управления была выбрана RaspberryPI 3 [1] с подключенным к ней расширителем портов ШИМ (Широтно-Импульсная Модуляция), т. к. на самой плате таковых всего 2 штуки, чего несомненно мало.

Поскольку изначально ставилась цель разработать робот-манипулятор с голосовым управлением, то в ходе работы над проектом данная функция была реализована следующим образом: к RaspberryPI подключен USB-микрофон, с помощью которого записывается речь пользователя (рис. 2). После данной операции происходит отправка записанной речи на сервера GOOGLE для непосредственного распознавания речи. Сервер присылает ответ, и робот выполняет необходимую команду. Так как функция голосового управления реализована с помощью сервера GOOGLE, то одним из условий успешного выполнения команд является стабильное подключение к Интернету.

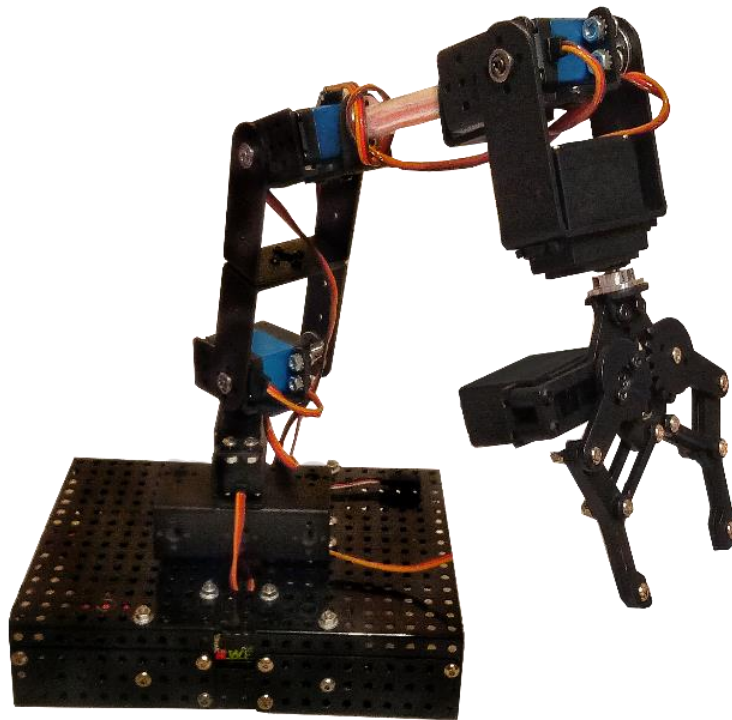


Рис. 1. Изображение робота-манипулятора с голосовым управлением

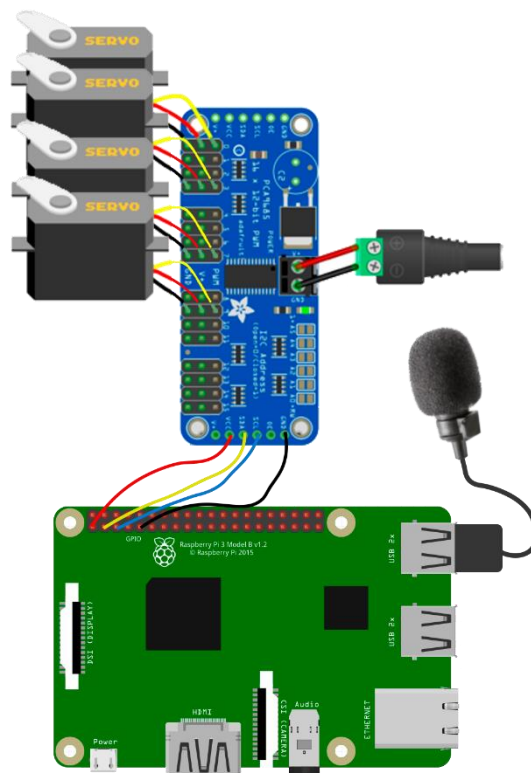


Рис. 2. Схема подключения элементов робота-манипулятора с голосовым управлением

После сборки основной конструкции, была разработана программная часть управления роботом: написана программа для распознавания речи, перемещения робота в заданные точки, а также захвата предметов. Это позволит роботу-манипулятору с помощью голосового управления выполнять следующие функции: поддержка и перемещение небольших инструментов (отверток, ключей, пинцетов и т. п.), подсветка в необходимом месте, фиксация радиокомпонентов при пайке.

В ходе тестирования робота-манипулятора было определено, что подача сигнала на сервоприводы приводит к повороту моторов на полной мощности, что ведет к нестабильности в движении робота. Для устранения данной проблемы была разработана программа, позволяющая корректировать скорость сервоприводов, что позволило манипулятору плавно и точно перемещаться по заданным точкам и перемещать предметы, если команду давал пользователь.

Данный проект был направлен на решение задачи голосового управления роботом-манипулятором пользователем, но в дальнейшем разработанная конструкция и функционал будет дорабатываться. К примеру, планируется увеличить жесткость конструкции робота-манипулятора, усовершенствовать программное обеспечение с целью перемещения захвата по координатам, а также внедрить техническое зрение, расширив функциональные возможности робота-манипулятора. Кроме этого, планируется использование нейросети для офлайн распознавания речи, что увеличит скорость выполнения команд роботом.

Библиографический список

1. Техническое описание RaspberryPI 3. URL: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b> (дата обращения: 05.05.2019).
2. Широтно-импульсная модуляция (ШИМ). URL: <https://ledjournal.info/spravochnik/shirotno-impulsnaya-modulyaciya.html>. (дата обращения: 05.05.2019).

УДК 681.58

В. С. Латуговский

студент факультета СПО

Ю. М. Кафтан – научный руководитель**ОБЗОР ХАРАКТЕРИСТИК ОТЕЧЕСТВЕННОГО МИКРОКОНТРОЛЛЕРА K1921BK01T**

Номенклатура предлагаемых на сегодняшнем мировом рынке микроконтроллеров (МК) чрезвычайно обширна и в своем составе содержит множество семейств, выпускаемых различными производителями. Семейства между собой различаются:

- по архитектуре процессорного ядра;
- набору интегрируемых на кристалл МК модулей памяти и периферийных устройств;
- разрядности обрабатываемых данных (8, 16, 32, 64 бит);
- быстродействию;
- энергопотреблению и ряду других характеристик.

Концерн «Созвездие» (структурное подразделение Госкорпорации «Ростех») запустил в серию один из самых высокопроизводительных в России 32-разрядных микроконтроллеров с функцией управления двигателем MotorControl.

Микроконтроллер K1921BK01T (рис.1) производства ОАО «НИИЭТ» (в составе АО «Концерн «Созвездие») выполнен на базе современного ядра ARM Cortex-M4F [1].



Рис. 1. Общий вид микроконтроллера K1921BK01T

Изделие обладает сложной обширной периферией, обеспечивающей универсальность и быстродействие при реализации задачи MotorControl, а также оснащено функциями цифрового сигнального процессора.

Микроконтроллер можно использовать в областях управления электрическими двигателями и оборудованием электрических трансмиссий транспортных средств (тяговыми генераторами, тяговыми двигателями, накопителями энергии, связанными между собой быстродействующими коммуникационными каналами связи), в перспективных системах электродвижения судов, магистрального и городского электрического транспорта, в станкостроении, робототехнике и медицине.

Системы управления, построенные на данном микроконтроллере, будут применяться для всей линейки наземных источников электропитания ElectroAir как для воздушных судов гражданской и государственной авиации, так и для радиолокационных средств.

Важным плюсом, от перехода на отечественные процессоры является то, что новая система управления позволяет исключить возможность внешнего контроля и управления иностранными техническими средствами разведки.

Ранее в этой нише главенствовали американские TexasInstruments и Raytheon, теперь, по мнению «Электроэир», в военно-промышленном комплексе России это доминирование подходит к своему завершению [2].

На ядро ARM Cortex-M4F и часть коммуникационных периферийных модулей были приобретены лицензии, а часть модулей были разработаны этой компанией самостоятельно: модули ШИМ, контроллер АЦП (не сам АЦП, а менеджер по управлению им), модуль захвата CAP и модуль квадратурного

декодера QEP. НПП «Цифровые решения» сначала изготовила макет микроконтроллера на ПЛИС Kintex7, который реализовывал всю логику будущего микроконтроллера, включая ARM ядро (табл. 1).

Таблица 1

**Сравнительные характеристики отечественного микроконтроллера K1921BK01T
и зарубежного TI TMS320F28335**

| K1921BK01T НИИЭТ | | TMS320F28335 TI |
|---------------------------|-------------------------|----------------------------|
| 100МГц, ядро медленнее | производительность | 150 МГц, ядро C28 быстрее |
| 18 каналов | ШИМ | 12 каналов |
| 23 канала, «12 медленных» | АЦП | 12 каналов, «один быстрый» |
| 2 | QEP (квадратурный блок) | 2 |
| 6 | Блок захвата CAP | 6 |
| нет | ЦАП | нет |
| 192 Кбайт | ОЗУ | 68 Кбайт |
| 1024 Кбайт | Flash | 512 Кбайт |
| 64 Кбайт | Пользовательская память | нет |
| 1 | USB | нет |
| 1 | Ethernet | нет |
| 1 | Часы | нет |

Новый МК разработан по гарвардской архитектуре, отличительная особенность этой архитектуры в том, что она обладает разделением памяти программ от памяти данных [3]. При этом разрядность памяти программ и памяти данных, а также шины доступа к ним, различны.

Структура ядра содержит несколько основных больших блоков:

- модули поддержки отладки;
- встроенные ПУ;
- операционный блок;
- модуль защиты памяти.

Общая структура МК представляет собой ядро Cortex-M4 и дополнительные к нему блоки, например, контроллер внешней памяти, блок синхронизации, порты ввода/вывода, таймер.

Основные технические данные микроконтроллера:

- Производительность до 125 MIPS (миллионов инструкций в секунду);
- Встроенное статическое ОЗУ (RAM) емкостью 192 Кбайта;
- Возможность расширения памяти: контроллер внешней памяти (SRAM, PROM, NOR Flash);
- 32-канальный контроллер прямого доступа к памяти (DMA);
- Интерфейс Ethernet 10/100 Мбит/с с интерфейсом MII.

Достоинства K1921BK01T перед другими микроконтроллерами:

1. В TMS320F28335 нет пользовательской памяти и часов, нужно ставить внешние, из-за чего стоимость в итоге становится сравнимой. Это делает K1921BK01T перспективным не только в плане импортозамещения, но и для производства простых бытовых систем управления.

2. Присутствуют выходы USB и Ethernet, что повышает удобство подключения.
3. Объем подключения flash памяти в 2 раза выше, чем у зарубежного конкурента.
4. ОЗУ позволяет хранить большее количество данных.

Эти достоинства компенсируют ценовую разницу с зарубежным аналогом.

Недостатки отечественного МК:

1. Имеет специфический АЦП. Часто производители МК ставят один быстрый (12 MS/s) модуль АЦП и мультиплексируют его по нескольким каналам — например, так сделано у TexasInstruments в серии C2000. Но в K1921BK01T стоит 12 двухканальных медленных (1.7MS/s) модулей АЦП, работающих параллельно.

2. Частота 100 МГц, сильно зависит от температуры окружающей среды.

3. На данный момент нет никакого официального загрузчика (программатора) через интерфейсы связи (CAN, RS).

Подводя итоги можно сказать, что архитектура ARM Cortex-M4F отстает от DSP ядра C28 TI на среднестатистических расчетах, требуемых для задач электропривода.

Если снизить точность расчетов, можно сократить этот разрыв до 15 %. Но при этом тактовая частота ядер C28 (тот же TMS320F28335) составляет 150 МГц, а частота K1921BK01T – 100 МГц. Поэтому со всеми оптимизациями библиотек K1921BK01T эквивалентен по вычислительной мощности МК TI серии piccolo частотой 90МГц. Это очень неплохо, потому что если правильно использовать все аппаратные возможности нового МК типа DMA и самофильтрующего измерения АЦП, то можно сэкономить на тактах.

K1921BK01T проект, базирующийся на TMS320F2810 (150 МГц, ядро C28), который уже догоняет и в чем-то опережает его.

Библиографический список

1. Официальный сайт ОАО «НИИЭТ» URL: <https://niiet.ru/product/354-arm-cortex> (дата обращения: 01.04.2019).
2. Отечественный микроконтроллер K1921BK01T для управления электродвигателями / А. Анучин, А. Жарков, В. Козаченко и др. // URL: <http://www.electronics.ru/journal/article/5050> (дата обращения: 25.03.2019).
3. Руководство пользователя Микросхема интегральная K1921BK01T. Воронеж: АО «НИИЭТ», 2015. 451 с.

УДК 681.58**М.Э. Сизаск**

студент факультета СПО

Ю. М. Кафтан – научный руководитель

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА K1921BK01T В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Мировой рынок микроконтроллерной техники для управления электродвигателями представлен ведущими электронными компаниями, имеющими огромный опыт и наработки в создании целых серий микроконтроллеров для управления электродвигателями и движениями.

Наличие такого количества специализированных зарубежных микроконтроллеров позволяет отечественным разработчикам систем управления гибко подходить к решению задач, при этом открывается широкий выбор из множества примерно одинаковых по функциональным возможностям изделий.

Еще недавно отечественной элементной базы в области MotorControl не было или она отставала по своим возможностям от изделий западных конкурентов на 10–20 лет. В последние годы ситуация меняется благодаря усилиям двух ведущих электронных компаний – АО «ПКК Миландр» (Зеленоград) и ОАО «НИИЭТ» (Воронеж).

В 2015 г. ОАО «НИИЭТ» (Воронеж) завершил разработку и выпустил пробную опытно-промышленную партию первых отечественных микроконтроллеров K1921BK01T, полностью соответствующих требованиям применения в системах MotorControl, MotionControl и PowerControl [1]. У отечественных специалистов в сфере машиностроения, энергетики, транспорта, электромеханики, наконец-то, появилась отечественная элементная база на уровне лучших западных решений.

Микросхема K1921BK01T представляет собой СБИС 32-разрядного микроконтроллера на базе ядра ARM Cortex-M4F, предназначенного для промышленных и потребительских приложений, включая системы дистанционного мониторинга, контрольно-измерительные приборы, сетевые устройства, системы автоматизации производственных процессов, автомобильную электронику, системы управления электродвигателями.

В состав микроконтроллера входит широкий набор как цифровой, так и аналоговой периферии, в связи с чем, он может применяться в различных системах цифровой обработки сигналов, в том числе требующих точных аналогово-цифровых и цифроаналоговых преобразований, в системах управления и сбора информации. Новый отечественный микроконтроллер K1921BK01T состоит из самого современного быстродействующего 32-разрядного процессорного RISC-ядра ARM Cortex-M4F, встроенной памяти программ и данных большого объема, классической коммуникационной периферии, а также специализированной периферии, обеспечивающей прямое цифровое управление силовыми ключами и прямое сопряжение с датчиками.

Данные микросхемы предназначены для реализации сложных комплексных проектов, зачастую с нетрадиционными исполнительными двигателями, силовыми преобразователями и исполнительными устройствами.

Наиболее перспективным видится применение нового микроконтроллера для высокопроизводительных систем управления электроприводами, где, помимо развитой периферии, требуется быстродействующее вычислительное ядро с поддержкой вычислений с плавающей точкой, а также поддержка промышленных сетевых интерфейсов CAN, Ethernet, RS-485.

Полноценное управление электрическим двигателем требует четкого распределения задач, а также реагирования на события в рамках требуемых временных ограничений. Такое управление должно реализовываться в реальном времени. В этом случае ресурсы микроконтроллера тратятся согласно выставленным приоритетам и переключаются последовательно от задачи к задаче. Подобный класс систем использует периферийные модули совместно с расширенной системой прерываний, охватывающих все возможные внутренние и внешние события.

Для реализации функции управления микроконтроллер должен обладать:

- достаточно мощным вычислительным ядром для выполнения необходимых для такой структуры расчетов: вычисление тригонометрических функций, сложение, умножение, деление – все это с

точностью минимум 16, а лучше – 32 разряда. Вычисления должны производиться циклически, с частотой 10–20 кГц (рис.1);

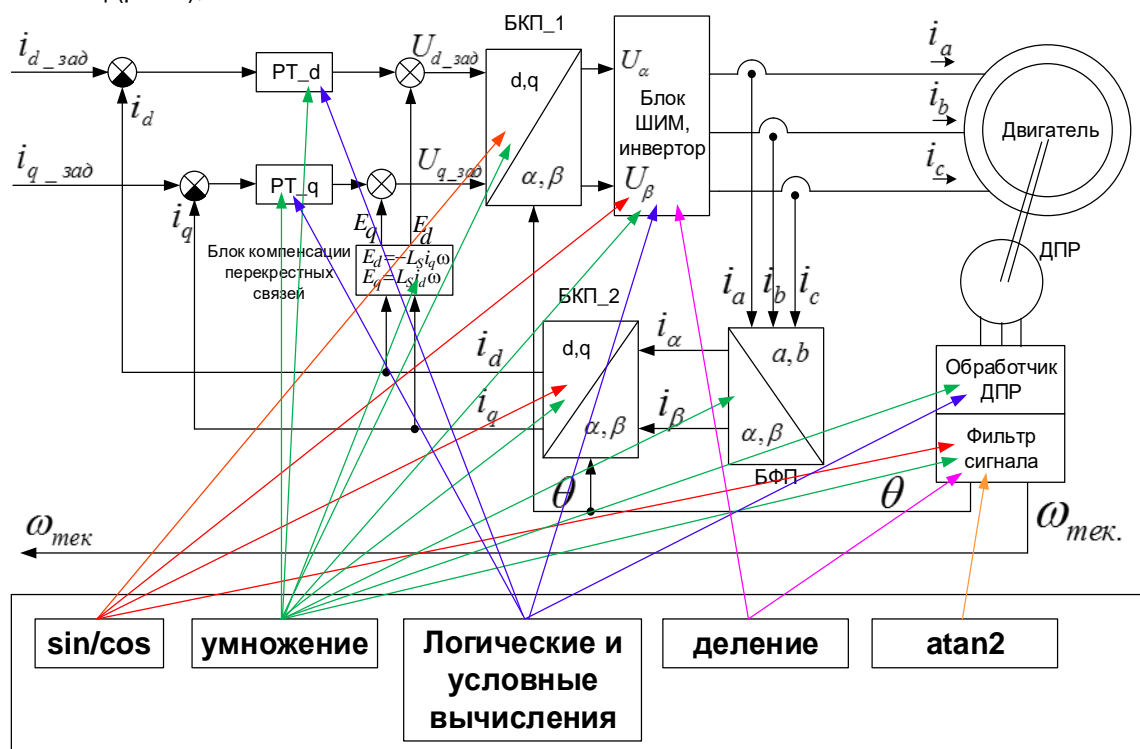


Рис. 1. Структура вычислительного ядра микроконтроллера

- микроконтроллер должен содержать несколько ШИМ-каналов, позволяющих управлять скважностями на шести ключах инвертора с реализацией так называемого «мертвого времени», когда одновременная работа верхнего и нижнего ключей любой стойки блокируется. Однако во многих реальных задачах (дополнительный контур управления обмоткой возбуждения, многофазный двигатель с расщепленными обмотками, многоуровневый и даже матричный инвертор из 12 или 18 силовых ключей) требуется несколько дополнительных каналов ШИМ-генератора;

- микроконтроллер должен содержать АЦП для измерения аналоговых сигналов с датчиков токов фаз двигателя, напряжения звена постоянного тока, температур двигателя и инвертора, множества других величин, например, технологических переменных (давления, расхода и т. д.). K1921BK01T имеет встроенный АЦП на двадцать четыре 12-разрядных аналоговых канала, а также развитый менеджер управления измерениями с функцией автоматического усреднения, взаимодействия с контроллером прямого доступа в память DMA и модулями ШИМ-генератора (запуском процесса преобразования по сигналам ШИМ);

- микроконтроллер должен иметь интерфейсы для приема сигналов с датчиков положения ротора. В электроприводе применяют датчики четырех основных типов: квадратурные энкодеры, датчики на элементах Холла, абсолютные датчики положения с цифровым интерфейсом связи (SSI) и датчики на основе вращающегося трансформатора (резольверы). K1921BK01T имеет все необходимые для сопряжения с ними интерфейсы: два модуля квадратурного декодера (QEP), шесть модулей захвата (CAP), четыре порта последовательного синхронного интерфейса (SPI), аналоговые входы для приема сигналов с резольвера и последующей программной обработки [2];

- требуются интерфейсы связи для управления электроприводом. В промышленности для сопряжения с системами управления верхнего уровня применяются интерфейсы RS485 и Ethernet, а для организации локальных сетей внутри комплекса электрооборудования – интерфейс CAN. Микроконтроллер K1921BK01T имеет все необходимые интерфейсы связи, причем в нескольких экземплярах. Особенно важно наличие двух встроенных CAN-контроллеров для транспортных применений.

Таким образом, новый микроконтроллер K1921BK01T удовлетворяет самым жестким требованиям к специализированной периферии и интерфейсам общего назначения. В качестве ближайшего за-

рубежного аналога в плане периферии MotorControl можно отметить сигнальный микроконтроллер TMS320F28335 компании TexasInstruments – именно этот микроконтроллер был выбран в качестве прототипа при проектировании периферии K1921BK01T.

ОАО «НИИЭТ» совместно с ООО «НПП «Цифровые решения» разработали новый микроконтроллер K1921BK01T для задач управления электродвигателями. K1921BK01T позиционируется как аналог TexasInstruments TMS320F28335: мощный микроконтроллер для самых сложных задач управления двигателями и силовой электроникой.

До появления K1921BK01T все российские микроконтроллеры имели недостаточно производительное ядро или недостаточно развитую периферию для задач подобного класса. Таким образом, K1921BK01T вполне может стать основой импортозамещения в энергетике, электромеханике, силовой электронике, в станкостроении, на транспорте.

Его можно использовать и в автомобильной промышленности – в качестве базы для создания отечественных встраиваемых контроллеров дизелей и двигателей внутреннего сгорания, а также в качестве устройств управления электромобилями и многоколесными транспортными средствами.

Микроконтроллер K1921BK01T – это только первая ласточка в области отечественных средств управления типа MotorControl.

Библиографический список

1. Официальный сайт ОАО «НИИЭТ» URL: <https://niiet.ru/product/354-arm-cortex> (дата обращения: 01.04.2019).
2. Руководство пользователя Микросхема интегральная K1921BK01T. Воронеж: АО «НИИЭТ» 2015г. 451 с.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----------|
| РАДИОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОНИКА И СВЯЗЬ..... | 3 |
| Радиотехнические системы..... | 3 |
| <i>Ашмарин А. А.</i> ПРИНЦИПЫ И ТЕХНОЛОГИИ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОХРАНЫ ВОДНОГО РАЙОНА..... | 3 |
| <i>Гилевский И. И.</i> ОБЗОР МЕТОДОВ РАДИОЛОКАЦИОННОГО РАСПОЗНАВАНИЯ..... | 6 |
| <i>Дьяков С. В.</i> РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ РЛС ДАЛЬНЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ..... | 10 |
| <i>Жежелева Я. В.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ В САПР ANSYS HFSS..... | 14 |
| <i>Карпов А. М.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ОЦЕНКИ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ВОЗДУШНОГО СУДНА В СИСТЕМАХ МУЛЬТИЛАТЕРАЦИИ..... | 18 |
| <i>Полищук Н. Б.</i> КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ДАННЫХ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ И СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ..... | 21 |
| <i>Ревунов Г. М.</i> МЕТОДЫ АДАПТИВНОЙ КОРРЕКЦИИ СИГНАЛА В МНОГОЛУЧЕВЫХ КАНАЛАХ..... | 24 |
| Медицинская радиоэлектроника | 26 |
| <i>Аксенов Д. А.</i> СИНТЕЗ ПОДОПТИМАЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ ПРИЕМА ЗАВИСИМЫХ СИГНАЛОВ..... | 26 |
| <i>Аксенов Д. А.</i> АНАЛИЗ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ПОДОПТИМАЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ ПРИЕМА ЗАВИСИМЫХ СИГНАЛОВ..... | 29 |
| <i>Алексиевич И. А.</i> УСТРОЙСТВО ДЛЯ НЕИНВАЗИВНОГО ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ГЛЮКОЗЫ В ЖИДКОСТИ ПО СПЕКТРАМ ПРОПУСКАНИЯ И РАССЕИВАНИЯ..... | 31 |
| <i>Ахлебнина А. С.</i> РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ ВИДЕОЭНДОСКОПОВ..... | 34 |
| <i>Бабко И. А.</i> СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ИНТЕРФЕЙС ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ДЛЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФА СВЕРХВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ..... | 37 |
| <i>Бессонов К. Д.</i> ЦИФРОВОЙ ДИКТОФОН НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ: ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ..... | 40 |
| <i>Голубкова А. М.</i> ВТОРИЧНАЯ ОБРАБОТКА ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛОВ МЕТОДОМ ПОСТРОЕНИЯ ИХ ГИСТОГРАММ..... | 42 |
| <i>Гульченко А. М.</i> ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ С МНОГОЛУЧЕВЫМ ПРИЕМОМ..... | 45 |
| <i>Данилова А. С.</i> РАСЧЕТ СИЛЫ ПРОДОЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ НА ПОЯСНИЧНЫЙ ОТДЕЛ ПОЗВОНОЧНИКА ЧЕЛОВЕКА ПРИ ОРТО– И АНТИОРТОСТАТИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ..... | 48 |
| <i>Дорошенко М. А.</i> МЕТОДЫ ПРИМЕНЕНИЯ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ..... | 51 |
| <i>Козырь П. С.</i> АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК КАПИЛЛЯРНЫХ ДИАЛИЗАТОРОВ РАЗЛИЧНЫХ ФИРМ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ..... | 59 |
| <i>Логачев Е. П.</i> МЕТОДИКА ВЫЯВЛЕНИЯ ХАРАКТЕРНЫХ ТОЧЕК ЭКС..... | 62 |
| <i>Мажник И. В.</i> РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗЛУЧЕНИЯ ПРЯМОУГОЛЬНОГО ВОЛНОВОДА, ЗАКРЫТОГО ТЕПЛОЗАЩИТОЙ..... | 64 |
| <i>Макарова В. А.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕДИЦИНСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОРГАНИЗАЦИИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ..... | 68 |

| | |
|---|------------|
| <i>Малкова Л. Е., Кузнецова А. С.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВТОРИЧНОЙ ОБРАБОТКИ НЕЧЕТКОЙ ЭНТРОПИИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ЭПИЛЕПСИИ У МЫШЕЙ НА ОСНОВЕ СИГНАЛОВ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ..... | 71 |
| <i>Михеев К. И.</i> МЕТОДИКА СТАБИЛИЗАЦИИ ИЗОЛИНИИ ЭКС | 74 |
| <i>Мороз А. А.</i> БАЗА ДАННЫХ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА | 77 |
| <i>Мошкова М. Н.</i> АКУСТООПТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗАТОР СПЕКТРА С ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫМ ИНТЕГРИРОВАНИЕМ | 79 |
| <i>Наумова Е. А.</i> ВТОРИЧНАЯ ОБРАБОТКА ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛОВ МЕТОДОМ АНАЛИЗА СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ МОЩНОСТИ..... | 82 |
| <i>Пашкова П. А.</i> БИОМЕХАНИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЙ СТРУКТУР ГЛАЗА ПРИ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЯХ..... | 85 |
| <i>Платова А. А.</i> БИОМЕХАНИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ СТРУКТУР КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ С АНЕВРИЗМАТИЧЕСКИМИ ОБРАЗОВАНИЯМИ | 88 |
| <i>Подольских Д. В.</i> СИСТЕМА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ЧЕЛОВЕКА НА ФИЗИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ..... | 91 |
| <i>Савельев А. Г.</i> АКУСТООПТИЧЕСКИЙ ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЙ ФИЛЬТР КАК ИНСТРУМЕНТ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ..... | 94 |
| <i>Сафронова А. А.</i> БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУР ГЛАЗА ПРИ КОРРЕКЦИИ БЛИЗОРУКОСТИ И ДАЛЬНОЗОРКОСТИ..... | 97 |
| <i>Устинова Д. М.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХКОМПОНЕНТНОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНОВ НА 3D-ЧИПАХ И ПРИМЕНЕНИЕ ИХ В ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОЙ МЕДИЦИНЕ | 100 |
| <i>Чикина Е. Ю.</i> ВИРТУАЛЬНАЯ ЛЕКЦИОННАЯ КОМПОЗИЦИЯ КАК СРЕДСТВО ОБУЧЕНИЯ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ..... | 103 |
| <i>Шилов Д. И.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗА СОСТОЯНИЯ ИОНОСФЕРЫ..... | 106 |
| <i>Шишкина А. А.</i> СИСТЕМА АНАЛИЗА АКТИВНОСТИ ГОЛОВНОГО МОЗГА НА БАЗЕ ТЭС-ТЕРАПИИ | 109 |
| <i>Шульженко И. М.</i> СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ДАВЛЕНИЯ ПОД ПОВЯЗКОЙ НА ТЕЛО ЧЕЛОВЕКА..... | 112 |
| ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ | 115 |
| Проблемно-ориентированные вычислительные комплексы..... | 115 |
| <i>Герасимов С. М.</i> АЛГОРИТМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ГОЛОСОВЫХ КОМАНД В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ ДОСТУПА..... | 115 |
| <i>Демченко Е. В.</i> ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ПРЕДОБРАБОТКИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ | 121 |
| <i>Клычкова Е. А.</i> АНАЛИЗ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ | 125 |
| <i>Кондратьев И. Р., Груздев Д. А.</i> ЦИФРОВАЯ ИМИТАЦИЯ ЛАМПОВОГО ЗВУКА | 129 |
| <i>Корепин П. А.</i> УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТОТЫ СЕРДЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ ВО ВРЕМЯ СПОРТИВНОЙ ТРЕНИРОВКИ | 132 |
| <i>Кузнецова К. М.</i> СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ВОЗДУХА | 136 |
| <i>Мартынова И. С., Штраус Н. А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ ЮЗАБИЛИТИ ПРИ СОЗДАНИИ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ..... | 139 |
| <i>Михайлов В. К.</i> АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ ИГРОВОГО ОБУЧЕНИЯ | 142 |

| | |
|--|------------|
| <i>Семдешева В. А.</i> УНИФИКАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ УЧРЕЖДЕНИЙ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ..... | 147 |
| <i>Соколова К. Д.</i> РАЗРАБОТКА МИКРОПРОЦЕССОРНОГО УГЛОМЕРА..... | 150 |
| <i>Судьин М. И.</i> ОДИН ИЗ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ СИГНАЛА О ЧАСТОТЕ ПУЛЬСА С ПОМОЩЬЮ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДАТЧИКА..... | 154 |
| <i>Тимошина А. В.</i> РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ГЛОБАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ В ПРОСТРАНСТВЕ | 156 |
| <i>Увыхмин А. О.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА НА КРИПТОВАЛЮТНЫХ РЫНКАХ ... | 161 |
| <i>Фарафонова А. Е.</i> СИСТЕМА БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛЮДЕЙ | 163 |
| <i>Чекменева А. А.</i> РАЗРАБОТКА ПОРТАТИВНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЛЕЧЕНИЯ РАН ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ДАВЛЕНИЕМ..... | 167 |
| <i>Чекменева А. А.</i> ГЕНЕРАТОР КАЛИБРОВОЧНОЙ СМЕСИ ВОДОРОДА..... | 171 |
| <i>Чекменева А. А.</i> ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ СВЕТОДИОДА..... | 174 |
| <i>Черникова А. И.</i> РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБРАБОТКИ ВЕБ-ГРАФИКИ В КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ..... | 178 |
| <i>Шабалин А. А.</i> ВОЗМОЖНОСТИ КОНТРОЛЯ И ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН..... | 180 |
| <i>Шемякин А. А.</i> ВОЗМОЖНОСТИ ЯЗЫКА R ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ..... | 184 |
| Компьютерные технологии и программная инженерия | 188 |
| <i>Аврамёнок В. А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ СИНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ В ИММУНОЛОГИИ НА ПРИМЕРЕ МОДЕЛИ «ХИЩНИК-ЖЕРТВА» | 188 |
| <i>Алдошина Т. А.</i> НЕЙРОСЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ АННОТИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ | 192 |
| <i>Архипов А. М.</i> АВТОМАТИЧЕСКАЯ ТРАНСКРИПЦИЯ РАЗГОВОРОВ В КОЛ-ЦЕНТРЕ..... | 196 |
| <i>Бабушкин М. В.</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КЛИЕНТА И БАРИСТА | 199 |
| <i>Гандрабура А. А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ, НЕПРЕРЫВНОЙ ИНТЕГРАЦИИ И СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ВЕРСИЙ В ОБУЧЕНИИ ПРОГРАММИРОВАНИЮ..... | 201 |
| <i>Глушкова Е. М.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕРЫ СХОЖЕСТИ ТЕКСТОВ..... | 203 |
| <i>Грибовский Н. А.</i> ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАЩИТЫ ПРИЛОЖЕНИЯ ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ВХОДА | 206 |
| <i>Еремеев И. Б.</i> ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ГАЗОТУРБИННОГО РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ..... | 208 |
| <i>Жиляев Д. Р.</i> SSH PROXY LOGGER | 212 |
| <i>Каграманян Г. А.</i> РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СБОРА, СИСТЕМАТИЗАЦИИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ .. | 213 |
| <i>Кириллова А. А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ПЕРЕВОДА В АННОТИРОВАНИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ..... | 216 |
| <i>Курова А. Ю.</i> ЗАДАЧА МАРШРУТИЗАЦИИ ТРАНСПОРТА С ОГРАНИЧЕНИЕМ ПО ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ И ВРЕМЕННЫМИ ОКНАМИ..... | 220 |
| <i>Малеев В. В.</i> РАЗРАБОТКА ПОИСКОВОЙ СИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ СРЕДСТВ ГЕОЛОКАЦИИ ... | 222 |
| <i>Матюшенков А. Н.</i> НЕЙРОСЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ МАШИННОГО ПЕРЕВОДА С АНГЛИЙСКОГО НА РУССКИЙ ЯЗЫК..... | 225 |
| <i>Мещанинов В. Е.</i> АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ ДЛЯ ТРАНСКРИПЦИИ СОВЕЩАНИЙ | 229 |

| | |
|--|------------|
| <i>Мурашов Д. А.</i> ПОСТРОЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ВИДОВ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ГРУППИРОВКОЙ И РАНЖИРОВАНИЕМ ОБУЧАЮЩИХ ОБРАЗОВ..... | 232 |
| <i>Мурашова М. А.</i> СИМУЛЯЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ПЕШЕХОДОВ НА ОСНОВЕ МУРАВЬИНОГО АЛГОРИТМА | 236 |
| <i>Плешанов И. Н.</i> ДОСТАТОЧНОЕ КОЛИЧЕСТВО ПАТРУЛИРУЮЩИХ ДЛЯ ПРОИЗВОЛЬНОГО ГРАФА..... | 238 |
| <i>Савин А. В.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЩЕКОРАБЕЛЬНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ В СОСТАВЕ ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ | 241 |
| <i>Семенухин Е. Л.</i> АННОТИРОВАНИЕ ВИДЕОЗАПИСЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ..... | 245 |
| <i>Хмелева Ю. А., Газизов И. Е.</i> ЛОКАЛИЗАЦИЯ ИНТЕРФЕЙСА СРЕДЫ К-3D ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ | 249 |
| <i>Чуев Д. А.</i> ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФОРМ ОТОБРАЖЕНИЯ В ЭЛЕМЕНТЫ WEB-ИНТЕРФЕЙСА..... | 251 |
| <i>Шастовский Д. А.</i> ВСТРАИВАЕМЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕССЕНДЖЕРОВ ДЛЯ УДОБСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЮДЯМ – С НАРУШЕНИЕМ ВОСПРИЯТИЯ УСТНОЙ И ПИСЬМЕННОЙ РЕЧИ..... | 255 |
| <i>Ширяев В. А.</i> РАЗРАБОТКА ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ МИКРОСЕРВИСОВ..... | 257 |
| Вычислительные системы и сети..... | 259 |
| <i>Антонов А. В., Залищук А. А., Ненашев С. А.</i> ПОИСК И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ КОДО-МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ..... | 259 |
| <i>Васюков К. С.</i> ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНОГО ОБЪЕКТА ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ..... | 261 |
| <i>Майн Е. Е.</i> РАЗРАБОТКА ПРЕВИЗА АВТОРСКОГО ФИЛЬМА ДЛЯ 5D-КИНОТЕАТРА..... | 265 |
| <i>Маковлев Н. С., Успанов А. А.</i> РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОГО ВИРТУАЛЬНОГО ТУРА ПО ОБЪЕКТАМ НЕДВИЖИМОСТИ..... | 271 |
| <i>Малкин Е. В.</i> ИНТЕРАКТИВНАЯ ТРЕХМЕРНАЯ ДЕМОНСТРАЦИЯ СБОРКИ/РАЗБОРКИ, РАБОТЫ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ..... | 274 |
| <i>Ненашев С. А., Антонов А. В., Залищук А. А.</i> АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ ОБНАРУЖЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИИ ФИЗИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА СФОРМИРОВАННОМ ИЗОБРАЖЕНИИ ПОТОКА КАДРОВ | 278 |
| <i>Савенков А. Е.</i> РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПОИСКА СХОЖИХ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ..... | 284 |
| <i>Семенова А. А.</i> РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОГО ТРЕХМЕРНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ КОРЕЙСКОМУ ЯЗЫКУ | 286 |
| <i>Павлов М. В.</i> ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ АНИМИРОВАННЫХ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ПЕРСОНАЖЕЙ В 3D-МАХ..... | 290 |
| <i>Фильковский С. В.</i> ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ НА ОСНОВЕ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТЕЙ..... | 294 |
| ВОЕННЫЕ НАУКИ..... | 296 |
| Военный учебный центр | 296 |
| <i>Дубинин Н. А.</i> РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО РУКОВОДСТВА ПО ОПЕРАТИВНЫМ ФОРМАМ ПОДГОТОВКИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ САМОЛЕТА ИЛ-76 НА ОСНОВЕ CALS-ТЕХНОЛОГИЙ..... | 296 |

| | |
|--|------------|
| <i>Козуб И. А.</i> ЗАДАЧА ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ КРИТИЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В АСУ | 299 |
| <i>Кульбик В. В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЛОГИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ В ПРОЦЕССАХ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ | 301 |
| <i>Ткач Р. Е.</i> УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗАРЯДА И РАЗРЯДА АВИАЦИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ | 305 |
| СРЕДНЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ..... | 308 |
| Факультет СПО | 308 |
| <i>Косов В. П., Баранов И. К.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА | 308 |
| <i>Горбуля Д. Э.</i> РАЗРАБОТКА РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА С ГОЛОСОВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ | 311 |
| <i>Латуговский В. С.</i> ОБЗОР ХАРАКТЕРИСТИК ОТЕЧЕСТВЕННОГО МИКРОКОНТРОЛЛЕРА К1917ВК-3Т | 314 |
| <i>Сизаск М. Э.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА К1917ВК-3Т В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ | 317 |

Научное издание

СЕМЬДЕСЯТ ВТОРАЯ
МЕЖДУНАРОДНАЯ СТУДЕНЧЕСКАЯ
НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ГУАП

Часть 2

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Сборник докладов
15–19 апреля 2019 г.

Ответственный за выпуск:
А. В. Бобович

Редакторская подготовка *Е. В. Торопова*
Компьютерная верстка *А. Н. Колешко*

Подписано к печати 23.10.19. Формат 60x84 1/16.
Усл. печ. л. 19,1. Уч.-изд. л. 35,3. Тираж 150 экз. Заказ № 415.

Редакционно-издательский центр ГУАП
190000, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 67