

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова»

Краевое государственное научно-исследовательское учреждение
«Алтайский научно-образовательный комплекс»

ООО «Центр информационной безопасности»
Кафедра информатики, вычислительной техники и
информационной безопасности

ИЗМЕРЕНИЕ, КОНТРОЛЬ, ИНФОРМАТИЗАЦИЯ

**Материалы XX Международной научно-технической
конференции**

23 мая 2019 г., г. Барнаул

Изд-во АлтГТУ
Барнаул • 2019

УДК 681.2: 62-50:65,05
И 37

Измерение, контроль, информатизация : материалы XX Международной научно-технической конференции (23 мая 2019 г., г. Барнаул) / Под ред. Л. И. Сучковой. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2019. – 237 с.

ISBN 978-5-7568-1310-4

Ответственный редактор – Сучкова Л.И., д.т.н., профессор

В сборнике публикуются материалы XX Международной научно-технической конференции «ИКИ-2019» (доклады и/или их тезисы), проходившей в г. Барнауле в Алтайском государственном техническом университете 23 мая 2019 г. В материалах рассмотрены как вопросы расчета и проектирования информационных, контрольно-измерительных и управляющих систем и их компонент, так и практического применения подобных систем в производстве, медицине, экологии, экономике, образовании, научных исследованиях и других областях науки, техники и народного хозяйства. Материалы представляют интерес для широкого круга ученых и специалистов, работающих в данном направлении.

ISBN 978-5-7568-1310-4

© Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова, 2019

© Лаборатория информационно-измерительных систем АлтГТУ,
2019

© Кафедра информатики, вычислительной техники и
информационной безопасности АлтГТУ, 2019

1 ОБЩИЕ ВОПРОСЫ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНО- ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИЗМЕРЕНИЯ, КОНТРОЛЯ И АВТОМАТИЗАЦИИ

УДК 519.254; 51-74

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОЦЕНИВАНИЯ КРИТИЧЕСКОГО ТОКА СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО КОНТАКТА ДЖОЗЕФСОНА

О. Г. ПРИМАЧЕНКО, Д. В. УРЮПИН

Эффект Джозефсона – явление, возникающее при контакте двух сверхпроводников через тонкий слой диэлектрика. Между сверхпроводниками, в отсутствии разности потенциалов, возникает ток сверхпроводимости, обусловленный куперовскими парами. Данный эффект получил название стационарного эффекта Джозефсона, а контакт – Джозефсоновским. Одним из важнейших параметров контакта Джозефсона является его критический ток, при превышении которого на контакте появляется падение напряжения. Он является характерной особенностью контакта и представляет большой интерес для исследователей и разработчиков. По его величине можно судить о магнитном поле, количестве фотонов, проходящих через какую-то область, частоте генерации и многом другом. Значение критического тока зависит от многих факторов. Ввиду этого сложно получить аналитическую формулу, по которой можно было его определить.

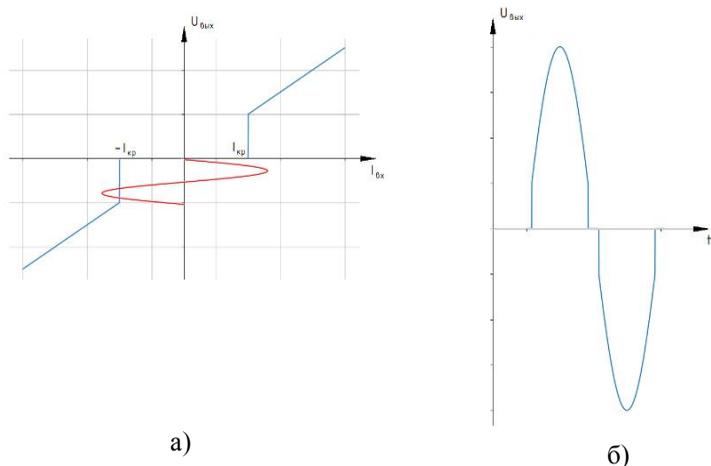
В межфакультетской лаборатории квантовой криогенной электроники Новосибирского государственного технического университета проводятся исследования свойств и параметров контакта Джозефсона. В настоящий момент критический ток определяется путём нахождения возможного расположения точки на вольтамперной характеристике, полученной из статистики долгого эксперимента. Такой метод является неточным и требует больших временных, финансовых и вычислительных ресурсов. Было предложено измерять параметры контакта, используя гармонический сигнал, т. к. генерировать такой сигнал проще. Также такой входной сигнал легко отфильтровать и подать нежелательные гармоники, отличные от входного воздействия. Таким образом, задача разработки метода оценивания критического тока контакта Джозефсона является актуальной.

Особенностями работы с контактом Джозефсона являются сверхнизкая температура и малый уровень сигнала. Это приводит к ряду

проблем, связанных со сложностью повторения экспериментов и необходимостью высокой помехозащищенности. Малый уровень сигнала, снимаемый с контакта, подвержен большому влиянию шумов, что даёт основания для разработки статистического алгоритма оценивания.

Целью работы является разработка статистического алгоритма оценивания критического тока сверхпроводящего контакта Джозефсона при гармоническом воздействии.

При разработке алгоритма использовалась резистивная модель контакта, кусочно-заданная с помощью функций Хэвисайда. На вход контакта подается гармонический ток, с амплитудой, явно превышающей критический ток контакта (рисунок 1, а).



- а) резистивная модель вольтамперной характеристики контакта Джозефсона при гармоническом воздействии;
- б) выходное напряжение

Рисунок 1

В результате такого воздействия с контакта получено выходное напряжение, представленное на рисунке 1, б. Таким образом, при достижении входным гармоническим током значения, равного критическому току, появляется выброс напряжения, дальнейшая форма напряжения повторяет форму входного воздействия. При снижении тока до значения критического, напряжение на контакте падает до нуля. Периодичность подаваемого сигнала позволяет получить большое число отсчетов.

Так как применению известных алгоритмов оценивания препятствует их аналитическая сложность, было принято решение обрабатывать выходное напряжение – фиксировать моменты времени, в которые напряжение резко изменяется. Как было показано ранее, в эти моменты времени мгновенное значение входного тока превышает критический ток контакта.

Таким образом, для генератора, используемого для получения входного воздействия, не накладывается ограничений по частоте и фазе, важна только амплитуда – она должна быть заведомо больше критического тока. Для уменьшения шумов также рекомендуется применять полосовой фильтр, который подавит все гармоники, отличные от требуемой.

Получив напряжение, возбужденное гармоническим сигналом, с контакта, можно начинать процедуру обработки. Далее нужно провести дискретизацию входного и выходного сигналов. Очевидно, что чем меньше будет шаг дискретизации, тем меньше погрешности, которые с ним связаны.

Так как входное воздействие неизбежно содержит шум, на полу-периоде алгоритм зафиксирует множество выбросов напряжения, в окрестности истинного значения критического тока $I_{кр}$. Они обусловлены тем, что при близости входного гармонического возбуждения к истинному значению тока, есть вероятность того, что сигнально-шумовая смесь либо преодолет критический ток контакта, либо, наоборот, станет меньше него. При разработке была взята модель аддитивного белого гауссовского шума с нулевым средним.

Пронаблюдав распределение выбросов в окрестности значения критического тока на большом числе периодов, и построив гистограмму, получим некоторое приближение плотности распределения вероятности (рисунок 2).

Согласно полученному распределению критических токов, истинное значение совпадает с математическим ожиданием. Тогда для получения оценки следует воспользоваться следующей формулой для первого начального момента:

$$I_{кр.ист.} = \frac{1}{N} \cdot \sum I_{кр},$$

где $I_{кр}$ – полученные отсчеты критических токов, N – число отсчетов.

Данный алгоритм был реализован на Python 3.7, реализация доступна по [4]. Результаты, получаемые на резистивной модели, соответствуют ожидаемым. Также алгоритм корректно работает с резистивно-емкостной моделью контакта Джозефсона.

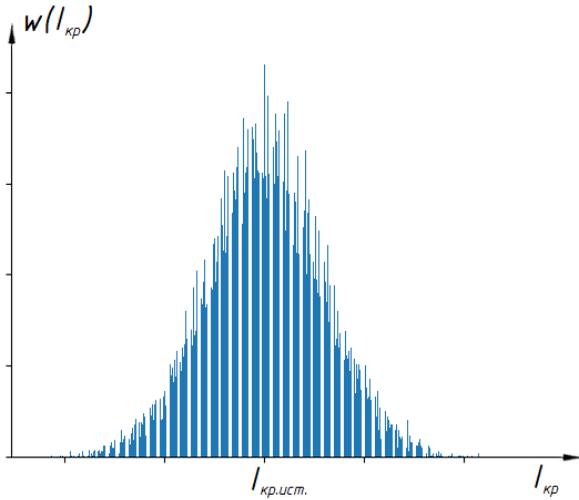


Рисунок 2 – Гистограмма критических токов

Была проведена оценка систематической погрешности путем получения вектора оценок критического тока (рисунок 3).

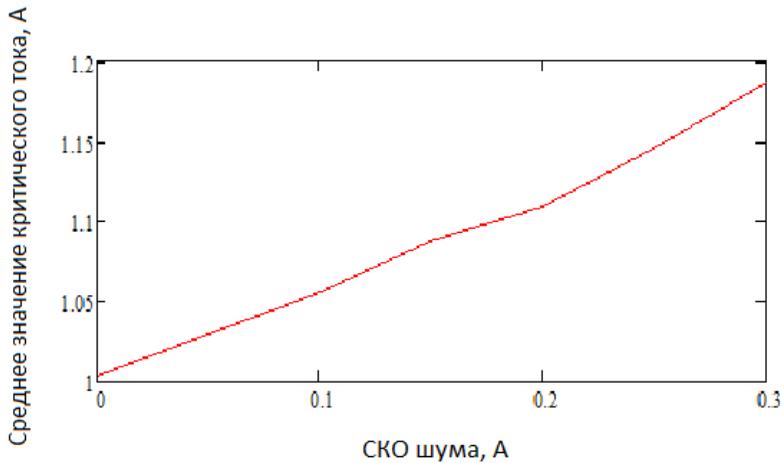


Рисунок 3 – Систематическая погрешность оценки

В ходе работы был описан алгоритм оценивания критического тока контакта Джозефсона при условии, что входное возбуждение было гармоническим. Было проведено моделирование погрешностей та-

кого алгоритма оценивания, в ходе которого было выявлено, что при определенном уровне СКО входного аддитивного белого гауссовского шума, алгоритм показывает удовлетворительные результаты.

Литература. 1. Кресин, В. Сверхпроводимость и сверхтекучесть / В. Кресин. – М. : Наука, 1978. – 192 с. 2. Лихарев, К. Системы с джозефсоновскими контактами: основы теории / К. Лихарев, Б. Ульрих. – М. : Изд-во МГУ, 1978. – 448 с. 3. Васюков, В. Н. Теория электрической связи: учебник / В. Н. Васюков. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2005. – 392 с. («Учебники НГТУ»). 4. Critical_current_evaluation [Электронный ресурс] / rkm81 URL: https://github.com/rkm81/critical_current_evaluation.

Реквизиты для справок: *Россия, 630073, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20, студент, Примаченко О. Г., тел. +79134534018. E-mail: primachenko_oleg@outlook.com.*

УДК 681.586.773, 621.314.4.61

СНИЖЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПЬЕЗОДАТЧИКОВ ДИНАМИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СХЕМНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СПОСОБОВ

А. А. ПИРОГОВА, И. Н. ЧЕБУРАХИН, В. С. ВОЛКОВ, В. В. КИКОТ

При разработке перспективных конструкций высокотемпературных пьезодатчиков динамического давления (пьезодатчиков), которые эксплуатируются при мощных и быстроизменяющихся температурных воздействиях в диапазоне от минус 253 °С до 700 °С, все чаще используются пьезоэлементы из лангата [1]. Однако при создании объектов ракетно-космической техники для автономной эксплуатации требуются пьезодатчики с пьезоэлементами с подтвержденным сроком службы до 25 лет и более [2]. Положительные результаты длительных и дорогостоящих испытаний, а также эксплуатации в составе основного изделия имеются у пьезокерамических элементов, изготовленных из материалов, разработанных в 1970–2000 гг., и отсутствуют у пьезоэлементов из лангата [3]. Поэтому решение частных измерительных задач возможно путем варьирования материала пьезоэлементов и перенастройки вторичных преобразователей разработанных пьезодатчиков, а также изменением объема требуемых испытаний.

Цель исследования. Целью исследования является подтверждение возможности использования пьезодатчика с пьезокерамическими элементами из модифицированного материала ТНВ-1 вместо пьезо-

элементов из монокристаллического галлотанталата лантана (лангатата) и разработка методики снижения температурной погрешности измерения пьезодатчика путем вычисления измеренного значения динамического давления со сниженной температурной погрешностью.

В составе пьезодатчика используются два пьезоэлемента, стянутых между собой токоъемниками из стальной ленты, которые приварены к токоведущим жилами кабеля. Работоспособность датчика при температурах до 800 °С без принудительного охлаждения обеспечивается высокотемпературными материалами пьезоэлемента (лангатат или модифицированный ГНВ-1).

В соответствии с [4] дополнительная температурная погрешность измерения у пьезодатчиков характеризуется коэффициентом влияния повышенной (пониженной) температуры рабочей среды на коэффициент преобразования измеряемого быстропеременного давления в изменение информативного параметра выходного сигнала K_L (коэффициентом термочувствительности K_T). Отклонение значения K_T в заданном температурном диапазоне от значения при температуре (25±10) °С должно быть в диапазоне от 0,4 до 1,4.

Пьезоэлементы ПЭСД-22 из модифицированного материала ГНВ-1 [2] и аналогичные по геометрическим размерам элементы из лангатата при схожей пьезочувствительности d_{33} (от 8 до 12 пКл/Н) и электрической ёмкости C_0 (от 8 до 12 пФ) отличаются температурной чувствительностью. Электрическая емкость C_0 и пьезочувствительность d_{33} у ПЭСД-22 при температурах от минус 253 °С до 700 °С изменяются в диапазоне от минус 8 до 20 % [2], а у пьезоэлементов из лангатата до 450 °С не более чем на 5 % [1].

Температурные зависимости $C_0(T)$ и $d_{33}(T)$ у ПЭСД-22 имеют близкий к линейному характер, что упрощает коррекцию температурной погрешности измерения, а также позволяет использовать $C_0(T)$ в качестве информативного относительно температуры пьезоэлемента параметра при разработке измерительных цепей вторичных преобразователей [5].

Анализ результатов натурального эксперимента, проведенного по изложенной в [4] методике по определению K_T пьезодатчиков с пьезокерамическими элементами из модифицированного материала ГНВ-1, показал, что при температурах от минус 196 °С до 500 °С K_T изменяется в диапазоне от 0,89 до 1, что соответствует требованиям [4].

Коррекция дополнительных температурных погрешностей измерения пьезодатчиков проводится с использованием двух основных групп методов: технологических и схемно-технических. К технологическим методам относятся, в частности, выбор материала для изготов-

ления чувствительных элементов и технологических режимов его обработки. Поскольку к пьезодатчикам предъявляется комплекс требований, включающих в себя высокую точность и стабильность метрологических характеристик в широком температурном диапазоне, современные пьезокерамические материалы не могут удовлетворить этим требованиям в полном объеме. Вторая группа методов позволяет корректировать погрешности измерения от действия влияющих величин путем введения в измерительную цепь активных и пассивных корректирующих электрорадиоэлементов [6]. Развитие современной электроники позволяет минимизировать массу и габариты корректирующих элементов и размещать их в непосредственной близости от пьезоэлемента пьезодатчика, что при необходимости компенсации температурной погрешности измерения обеспечивает выполнение условия равенства температурного воздействия на пьезоэлемент и элементов компенсирующей схемы. Кроме того, развитие цифровой микропроцессорной техники позволяет производить коррекцию выходного сигнала датчика непосредственно в цифровой форме с выполнением сложных и громоздких математических операций в режиме реального времени.

Развитие современной электроники и схемотехники позволяет также реализовывать измерение нескольких параметров пьезодатчика одновременно, используя результаты измерения дополнительных параметров, в частности для коррекции температурной погрешности измерения.

Для снижения изменения K_T до значения соответствующего пьезодатчику с пьезоэлементами из лангата (не более 5 %) использован схемно-технический способ измерения температуры: на пьезоэлемент с генератора постоянного синусоидального тока подаётся токовый сигнал стабильной амплитуды и частоты, значение которой превышает максимальное значение диапазона измеряемого быстропеременного давления. Зависимость падения амплитуды напряжения токового сигнала на комплексном сопротивлении пьезосборки от температуры используется для измерения её температуры [5], при этом применяется следующая методика вычисления измеренного значения динамического давления:

1) при максимальном значении измеряемого быстропеременного давления для восьми значений температуры рабочей среды (минус 196; минус 100; (25 ± 10) ; 100; 200; 300; 400; 500 °C), для каждого из семи полученных температурных поддиапазонов рассчитываются значения коэффициентов термочувствительности K_{Ti} :

$$K_{Ti} = 1 + \frac{U_{Ti \max} - U_{Ti \min}}{U_{Ti \max}}, \quad (1)$$

где $i = 1, 2, 3, \dots$ – номер температурного поддиапазона;

$U_{T_i \max}, U_{T_i \min}$ – значения выходного сигнала об измеряемом быстропеременном давлении при максимальном и минимальном значениях температуры рабочей среды;

2) значения K_{Ti} и K_{Pi} , определённые при изготовлении пьезодатчика, нормируются, преобразуются в цифровой код и заносятся в энерго-независимую память микроконтроллера вторичного преобразователя.

При эксплуатации скорректированное значение выходного сигнала пьезодатчика об измеряемом быстропеременном давлении, например, значение выходного напряжения $U_{\Delta P}^{CK}$ вычисляется по формуле (2), причем значения K_{Ti} выбираются в соответствии с измеренной с использованием температурной зависимости электрической ёмкости температурой пьезоэлементов:

$$U_{\Delta P}^{CK} = K_{Pi} \cdot K_{Ti} \cdot \Delta P. \quad (2)$$

Выводы. Подтверждена возможность замены материала пьезоэлементов пьезодатчика с лангасита на модифицированный ТНВ-1. Разработана методика снижения температурной погрешности измерения пьезодатчика на основе схемно-технического способа путем вычисления с использованием измеренных значений температуры пьезоэлементов измеренного значения динамического давления.

Литература. 1. Пьезоэлементы для датчиков // ОАО «Фомос-Материалс». Пьезоэлектрические материалы и приборы [Официальный сайт]. РФ, 2019. URL : <http://www/newpiezo.com/ru/sensors.html>. (Дата обращения: 25.04.2019). **2.** Богуш, М. В. Пьезоэлектрические датчики для экстремальных условий эксплуатации. Пьезоэлектрическое приборостроение / Богуш М. В. – Ростов-на-Дону : Изд-во СКНЦ ВШ, 2006. – Т. 3. – 346 с. **3.** Датчики. Преобразователи. Системы. Каталог АО «НИИФИ» // «Пензенская правда». – 2011. – С. 70–98. **4.** ОСТ 92-4890-83. Преобразователи измерительные первичные быстропеременных давлений. Отраслевой стандарт. Общие технические условия // Введён с 01.01.1985. 68 с. **5.** Патент RU 2 568 948 С1. МПК G01L 9/00 (2006.01). G01L 11/00 (2006.01). / А. Г. Дмитриенко, А. В. Блинов, В. П. Маланин, В. В. Кикот ; приоритет : 05.08.2014 ; опубл. 20.11.2015 , Бюл. 32. Устройство измерения динамического давления **6.** Датчики давления. Проектирование полупроводниковых чувствительных элементов : учеб. пособие / И. Н. Баринов, С. И. Торгашин, Б. В. Цыпин, В. С. Волков. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2016. – 105 с.

Реквизиты для справок: Россия, 440026, Пенза, ул. Володарского, 8/10, АО «НИИФИ», тел. (8412)59-19-42. E-mail: piezo@niifi.ru.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ СИСТЕМЫ

И. Н. РУБЦОВ, Н. В. ЯКОВЛЕВ, В. В. НАДВОЦКАЯ

Интеллектуальные системы являются неотъемлемым атрибутом современного здания, которое имеет множество инженерных систем, таких как система освещения, системы вентиляции и кондиционирования, мультимедийная техника, система отопления, охранная и пожарная сигнализации. Чтобы достичь желаемого комфорта и удобства использования данных систем необходимо прибегнуть к разработке и внедрению интеллектуальной инженерной системы [1].

Цель работы – определение функциональных модулей интеллектуальной инженерной системы.

Функции, выполняемые «умным домом», можно разделить на четыре основные группы: управление светом и электронагрузками, климат-контроль, безопасность и управление. Для такого объекта, как жилое помещение, структурная схема функциональных модулей интеллектуальной системы будет выглядеть следующим образом (рисунок 1).

Система безопасности подразделяется на две основные группы: техническая безопасность и охранная система.

Функцией системы безопасности является защита от бытовых аварий. Наиболее опасной и распространённой бытовой аварией является пожар, поэтому в «умном доме» предусмотрена необходимая система защиты.

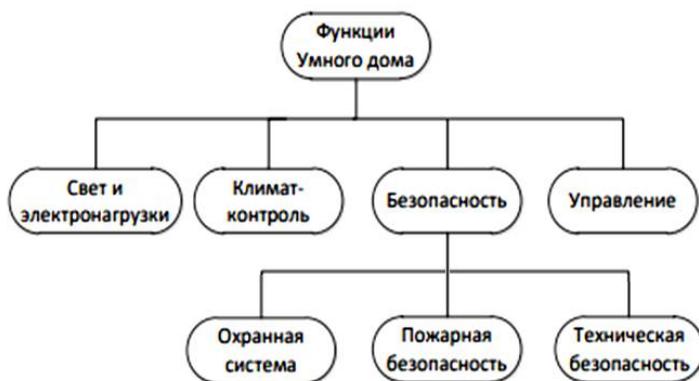


Рисунок 1 – Структурная схема функциональных модулей интеллектуальной системы

Как видно из рисунка 2, в комнате и на кухне устанавливаются датчики разного спектра газов.



Рисунок 2 – Расположение датчиков модуля безопасности

На кухне датчик устанавливается непосредственно рядом с кухонной плитой, так как это наиболее частое место начала возгораний, помимо этого датчик также реагирует на метан, пропан, бутан и водород, благодаря чему осуществляется контроль утечки газа при наличии газовой плиты. В комнате датчик устанавливается над местом наибольшего скопления электронной техники или ближе к середине комнаты. В случае утечки газа или возгорания, система включает звуковое оповещение, а также отправляет SMS-сообщения на телефоны жильцов.

Охранные системы напрямую предназначены для предотвращения проникновения посторонних лиц на территорию дома и сохранность имущества жильцов. Для решения этой задачи применяется система безопасности, основанная на датчиках движения и формировании сигнала о проникновении с помощью SMS-сообщения на телефоны жильцов. В качестве датчиков движения наиболее востребованы инфракрасные датчики ввиду их возможности срабатывания на медленное движение. Для разрабатываемой системы используются инфракрасные датчики HS-SR501 с углом обнаружения 110 ° и расстоянием чувствительности до семи метров. Все датчики движения обладают зоной нечувствительности, поэтому они располагаются в углах комнат и прихожей для достижения максимальной контролируемой зоны [2].

Данный вид датчика также используется в модуле света для автоматического включения освещения совокупности с датчиком освеще-

щённости и при построении охранной системы «умного дома». Регулирование уровня освещённости осуществляется с применением датчиков освещённости. Установка таких датчиков осуществляется в основном в комнатах, где существует необходимость создания световых сценариев. Регулировка уровня освещенности определенных частей жилого помещения будет осуществляться микроконтроллером соответственно сценарию, заложенному в управляющую программу [3].

Климатическая система выполняет функцию поддержания температуры и влажности воздуха согласно сценарию работы данного модуля, при этом регулируя работу исполнительных элементов отопления и вентиляции. Датчики температуры устанавливаются на уровне пола для регулирования обогревательным элементом для нагрева воздуха, на уровне 1,3 м от пола для управления тёплым полом. Пример установки нагревательных элементов, тёплого пола, в качестве которого используется инфракрасная плёнка, датчиков температуры, вентиляции для однокомнатной квартиры представлен на рисунке 3.

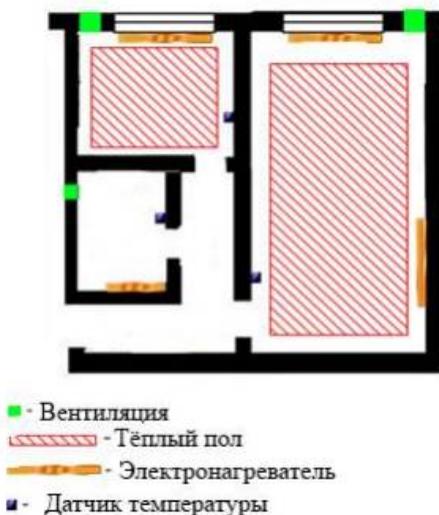


Рисунок 3 – Система отопления и вентиляции

В системе управления для связи с датчиками в работе применяются несколько протоколов связи: UART, SPI и I²C [4]. Обратная связь системы и пользователя осуществляется несколькими способами: в присутствии жильца в доме и в его отсутствие. В помещении предполагается установка жидкокристаллического дисплея, для настройки параметров системы используется инфракрасный пульт и

матричная клавиатура. Вне помещения через GSM-модуль пользователь может управлять модулями системы путём отправки специальных сообщений, и система также отправляет SMS-сообщения на мобильный телефон пользователя [5].

Заключение. В работе представлена структурная схема функциональных модулей интеллектуальной системы жилого помещения, включающая в себя управление светом и электронагрузками, климат-контроль, безопасность и управление. Описана работа каждого модуля, расположение их в жилом помещении и обратная связь системы и пользователя в нескольких вариантах.

Достоинством системы автоматизированного управления является комфорт, который предоставляется жильцам. Системы управления светом и придомовой инфраструктуры обеспечивают различные комбинации световых сцен, в зависимости от настроения, времени суток или погоды. Климат-контроль позволяет поддерживать необходимый комфортный микроклимат в помещении. Система безопасности гарантирует сохранность имущества и здоровья пользователей.

Литература. 1. Тесля, Е. А. «Умный дом» своими руками. Строим интеллектуальную цифровую систему в своей квартире / Е. А. Тесля. – Санкт Петербург, 2008. – 224 с. 2. Модуль инфракрасного датчика движения HC-SR501. [Электронный ресурс] : компания «УмныеЭлементы». – Режим доступа : <https://smartelements.ru/collection/datchiki-i-sensory/product/modul-infrakrasno-datchika-dvizheniya-hs-sr501>. – Загл. с экрана. (Дата обращения: 10.03.2019). 3. Надвоцкая, В. В. Выбор центрального управляющего элемента интеллектуальной системы инженерного обеспечения / В. В. Надвоцкая, И. Н. Рубцов // Ползуновский альманах. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2018. – № 4. – С. 201–204. 4. Надвоцкая, В. В. Обзор протоколов связи, используемых в автоматизированных системах управления / В. В. Надвоцкая, И. Н. Рубцов // Ползуновский альманах. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2018. – № 4. – С. 196–198. 5. Надвоцкая, В. В. Исследование методов защиты системы «умный дом» от угроз информационной безопасности / В. В. Надвоцкая, И. Н. Рубцов, Ю. В. Семина // Материалы XV Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь». – 2018. – С. 98–101. – Электронный ресурс. Режим доступа : http://edu.secna.ru/media/f/iit_2018.pdf. – Заглавие с экрана. (Дата обращения: 12.03.2019).

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», кафедра информационных технологий, к.п.н., доцент Надвоцкая В. В. E-mail: nadvotskaya7@mail.ru, тел. 29-09-13.*

ВИРТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ КВАДРАТУРНЫХ СИГНАЛОВ ЛАЗЕРНОГО ГИРОСКОПА

А. С. БЕССОНОВ

Модельно-ориентированное проектирование (МОП) широко используется при создании сложных технических систем различных классов [1]. Например, в среде MATLAB@Simulink существует поддержка МОП систем управления, обработки сигналов и связи. В связи с этим на конференции [2] в докладах отмечалось, что, построив и отладив в среде Simulink модель системы, можно практически сразу получить готовый код ее программного обеспечения и прошить целевой контроллер.

Однако для проектирования специальных автоматизированных систем с узким кругом потребителей такая поддержка отсутствует. В этих случаях целесообразно выбрать среду программирования и моделирования и на ее базе самостоятельно сформировать систему поддержки модельного проектирования (СПМП) систем определенного класса [3]. Несколько лет назад автором настоящего доклада была выбрана среда графического программирования LabVIEW, в которой создавалось прикладное программное обеспечение для систем измерения и контроля кольцевых лазеров и лазерных гироскопов (ЛГ). Эти системы базировались на платформе персонального компьютера, и многие из них были внедрены на производстве.

Важнейшей составляющей частью СПМП являются специализированные библиотеки моделей и программных модулей, все из них, пользуясь принятой в LabVIEW терминологией, можно назвать *виртуальными моделями* и *виртуальными приборами*. С их использованием строятся компьютерные модели разрабатываемых систем.

Одним из видов библиотечной модели, предназначенной для МОП измерительных систем (ИС), является *модель измерительных сигналов* (МИС) (рисунок 1). Предполагается, что эти измерительные сигналы формируются на выходе аппаратной части измерительного канала и затем поступают в программную часть для последующей обработки.

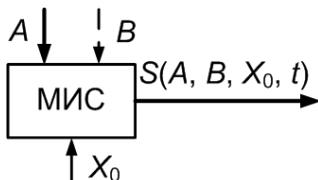


Рисунок 1 – Модель измерительных сигналов

Обычно МИС формирует один или несколько измерительных сигналов $S(A, B, X_0, t)$ в зависимости от нескольких групп параметров и времени t . В результате моделирования измерительные сигналы представляются в виде массивов их отсчетов в заданные моменты времени. Параметры X_0 объекта измерения являются неизвестными и подлежащими определению в процессе измерения. Параметры A предполагаются априорно известными, а параметры B необходимы для задания помеховых и шумовых составляющих сигналов (в случае их учета при моделировании).

Наличие виртуальной модели квадратурных сигналов в составе специализированных библиотек является обязательной, поскольку они являются выходными сигналами ЛГ. Косинусный и синусный квадратурные сигналы описываются следующим образом

$$\begin{aligned} u_c(t) &= U_{c0} + U_{cm} \cdot \cos(F(t) + \varphi_c), \\ u_s(t) &= U_{s0} + U_{sm} \cdot \sin(F(t) + \varphi_s), \end{aligned} \quad (1)$$

где U_{c0}, U_{s0} – постоянные составляющие, U_{cm}, U_{sm} – амплитуды; $F(t)$ – изменяющаяся во времени фаза квадратурных сигналов; φ_c, φ_s – постоянные фазовые сдвиги, возникающие из-за неидеальности аппаратуры.

По квадратурным сигналам $u_c(t)$ и $u_s(t)$ определяется не только угловая скорость вращения, но и ряд контролируемых параметров гироскопа. Так сравнительно недавно были разработаны алгоритмы обработки квадратурных сигналов, позволяющие определить порог синхронизации (захвата) Ω_L встречных волн [4]. Контроль данного параметра важен потому, что при угловых скоростях ниже порога захвата ЛГ входит в так называемую зону захвата и без принятия специальных мер теряет работоспособность.

Основной задачей при моделировании квадратурных сигналов является определение изменения фазы $F(t)$. Это делается в результате решения фазового уравнения

$$\frac{dF}{dt} = K \cdot (\Omega_0 + \Omega_p(t) - \Omega_L \cdot \sin(F(t) + F_0)), \quad (2)$$

где K – масштабный коэффициент ЛГ, $\Omega_0, \Omega_p(t)$ – постоянная и переменная составляющие угловой скорости вращения ЛГ; Ω_L – порог синхронизации (захвата) встречных волн; $F(t)$ – переменная составляющая фазы; F_0 – постоянная составляющая фазы.

В штатном режиме работы для обеспечения возможности измерения малых угловых скоростей вращения переменная составляющая $\Omega_p(t)$ создается специально с помощью механического вибратора и называется частотной подставкой. Она, в частности, может описываться функцией косинуса

$$\Omega_p(t) = \Omega_{p0} \cdot \cos \omega_p t, \quad (3)$$

где Ω_{p0} – амплитуда; Ω_p – частота подставки.

Выражения (1), (2), (3) однозначно определяют математическую модель квадратурных сигналов ЛГ. Наиболее сложной операцией здесь оказывается определение фазы $F(t)$ путем решения обыкновенного дифференциального уравнения (2). Перед решением необходимо выбрать параметры Ω_0 , Ω_{p0} , ω_p и Ω_{p0} , начальные условия, временные параметры и функцию LabVIEW, предназначенную для решения дифференциальных уравнений. После нахождения $F(t)$ необходимо установить параметры квадратурных сигналов U_{c0} , U_{s0} , U_c , U_s и по выражениям (1) и (3) сгенерировать квадратурные сигналы и сигнал подставки, получаемый в реальном гироскопе с помощью датчика угловой скорости. Характерные значения всех параметров можно видеть на рисунке 2.

Как показала практика, в среде LabVIEW лучше всего использовать виртуальный прибор *ODE Solver.vi*, позволяющий задавать правую часть уравнения в виде строки. На рисунке лицевой панели (рисунок 2) видно, что при использовании данного виртуального прибора можно быстро и удобно менять не только правую часть уравнения, но и начальные условия, метод, точность решения. После моделирования сигналов их можно сохранять в файл или передавать на другие виртуальные модели и приборы, входящие в состав компьютерной модели ИС.

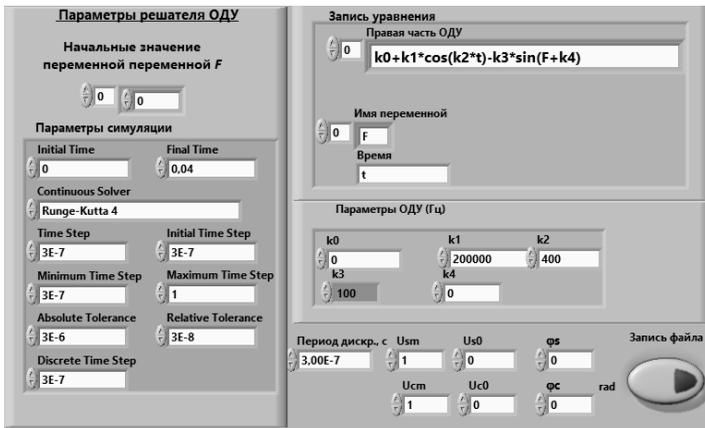
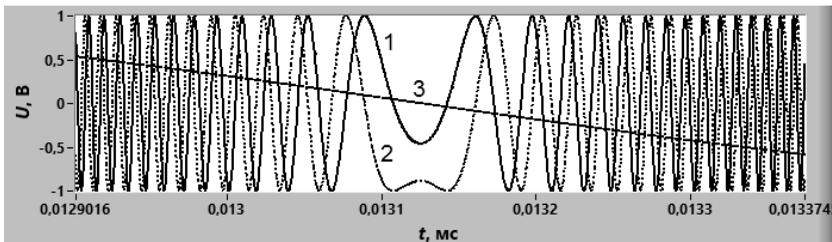


Рисунок 2 – Лицевая панель виртуальной модели квадратурных сигналов лазерного гироскопа

Фрагмент сформированных виртуальной моделью квадратурных сигналов показан на рисунке 3. По горизонтальной оси откладывается модельное время, а по вертикальной – напряжение. В середине графика

ческого экрана видна зона захвата, через которую частотная подставка (3) обеспечивает быстрый проход. Также благодаря подставке квадратурные сигналы в штатном режиме работы ЛГ оказываются промодулированными по частоте и повторяются с периодом $2\pi/\omega_p$.



1 – косинусный сигнал; 2 – синусный сигнал; 3 – сигнал подставки, полученный с датчика угловой скорости вибратора

Рисунок 3 – Фрагмент квадратурных сигналов при гармонической подставке

Разработанный виртуальный прибор был применен в составе компьютерной модели, предназначенной для проверки и доработки алгоритмов определения порога синхронизации ЛГ на основе анализа спектра квадратурных сигналов [4]. Результаты моделирования подтвердили работоспособность указанных алгоритмов, позволили найти градуировочную функцию и разработать модуль обработки данных.

Литература. 1. Ефремов, А. А. Модельно-ориентированное проектирование – международный стандарт инженерных разработок / А. А. Ефремов, С. С. Сорокин, С. М. Зенков. [Электронный ресурс]. – URL : <https://matlab.ru/upload/resources/EDU%20Conf/pp%2040-43%20Sorokin.pdf> (дата обращения: 29.04.2019). 2. Сайт VI всероссийской научно-практической конференции «Технологии разработки и отладки сложных технических систем» [Электронный ресурс]. – URL : <https://exponenta.ru/events/conf2019?> (дата обращения: 29.04.2019). 3. Бессонов, А. С. Система поддержки модельного проектирования омпьютерных измерительных систем / А. С. Бессонов // Измерение, контроль, информатизация : материалы XIX международной научно-технической конференции. Т. 1. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2018. – С. 3–6. 4. Методика измерения порога синхронизации при изготовлении и эксплуатации прецизионных кольцевых лазеров / С. Ю. Алексеев [и др.] // Гироскопия и навигация. – 2013. – № 2. – С. 75–83.

Реквизиты для справок: Россия, 119454, Москва, пр. Вернадского 78, МИРЭА – Российский технологический университет, к.т.н., доцент Бессонов А. С. E-mail: didugan4@mail.ru, тел. (499) 215-65-65 доб. 4045.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЕ С НЕЧЕТКИМИ ПРАВИЛАМИ

А. Ю. ШКИРКОВ, Л. И. СУЧКОВА

Экспертная система – это компьютерная система, способная частично заменить специалиста-эксперта в разрешении проблемной ситуации [1]. Областью применения экспертной системы может быть медицинская диагностика, диагностика неисправностей в механических и электрических устройствах, контроль и управление и т. д.

Составляющими частями экспертной системы являются базы знаний, представляющие собой модели поведения специалистов в определённой области знаний, и являющиеся совокупностью фактов и правил логического вывода в заданной предметной области, а также набор правил принятия решений для выбора корректных методов принятия решений.

В рамках данной работы был спроектирован процесс принятия решений в экспертной системе с нечеткими правилами, основанный на собственном алгоритме отсечения вариантов при нечетком выводе.

Для более удобной реализации и дальнейшей поддержки было принято решение разделить проектируемое программное обеспечение на отдельные модули, каждый из которых решает только определённый набор задач.

Схема модулей представлена на рисунке 1. Некоторые составные части модулей, а именно – обработка выражений в модуле ввода правил и анализ выражений в модуле лексического анализа – могут выполняться параллельно для большего ускорения работы алгоритма.

Модуль инициализации переменных обеспечивает ввод формализованных фактов в базу знаний. Переменные могут быть двух типов: целочисленные и нечёткие.

Ввод целочисленных переменных обеспечивается сохранением пары «алиас переменной – значение переменной».

Ввод нечётких переменных более сложен и обеспечивается созданием нескольких сущностей:

- 1) сущность значения нечёткой переменной;
- 2) сущность нечёткой переменной;
- 3) сущность лингвистической переменной.

Результат работы модуля – создание списка переменных для дальнейшего использования в правилах логического вывода.



Рисунок 1 – Схема модулей проектируемого процесса

Модуль ввода правил обеспечивает ввод частей правил нечеткого вывода – блоков «ЕСЛИ ...», «ТО ...», «ИНАЧЕ...». Обработка каждого из блоков отличается в части обязательности инициализации переменных, находящихся в блоке. Для блока «ЕСЛИ ...» переменные должны быть предварительно инициализированы, для остальных блоков такого требования нет.

Результат работы модуля – список сущностей правил, состоящих из перечисленных выше блоков.

На вход модулю подаётся список правил, состоящих из блоков «ЕСЛИ ...», «ТО ...», «ИНАЧЕ ...».

После того, как правило было введено, оно поступает в модуль лексического анализа. Здесь правило разбирается на составные части. Каждая из этих частей – лексема. Лексемой может быть знак операции, переменная, константа. Результат работы модуля – списки лексем для каждого из блоков каждого правила из списка. Порядок лексем соответствует порядку в исходном выражении.

Список лексем выражения «ЕСЛИ ...» поступает в модуль представления выражений в ПОЛИЗ. Для преобразования выражения из классической инфиксной записи в ПОЛИЗ используется модифицированный и адаптированный под лексику правил логического вывода алгоритм сортировочной станции.

Результат работы модуля – изменение списка лексем для блока «ЕСЛИ ...». Порядок лексем соответствует порядку в исходном выражении, меняется лишь их формальная запись.

В рамках модуля выделения подвыражений происходит формирование подвыражений из списка лексем, полученного на предыдущих этапах работы алгоритма.

Всего возможны три вида подвыражений:

1. Подвыражение вида «лист» – включает в себя только 2 лексемы и операцию. Примеры: $(a > 15)$, $(a \neq b)$;

2. Подвыражение обычного вида – включает в себя 2 подвыражения и 1 операцию. Примеры: $((a > 3) \&\& (a \neq b))$, $((a == \text{"bad"}) \parallel ((b == \text{"good"}) \&\& (a \neq b)))$, ...;

3. Подвыражение смешанного вида – включает в себя 1 подвыражение, 1 лексему и 1 операцию. Примеры: $((a > 15) \&\& a)$, $(b \parallel (c == \text{"excellent"}))$, ...

Блок «ЕСЛИ ...» может состоять из подвыражений любого вида, блоки «ТО ...» и «ИНАЧЕ ...» – только из подвыражений типа «лист». Так как блок «ЕСЛИ ...» был представлен в виде ПОЛИЗ, то алгоритм имеет линейную вычислительную сложность $O(n)$, т. е. выделение подвыражений выполняется за один просмотр списка лексем.

Результат работы модуля – создание списка сущностей подвыражений, хранящих в себе операции, лексемы и подвыражения, количество которых соответствует представленным выше видам подвыражений.

Модуль выделения дубликатов получает список переменных и список сущностей подвыражений, и выполняет поиск выражений, в которых оба операнда и операция являются одинаковыми. После того, как дубликаты подвыражений были выделены, их значения необходимо вычислить и сохранить в списке сущностей подвыражений вместо исходных подвыражений. Вычисление подвыражений ведётся по стандартным арифметическим и логическим правилам.

Результат работы модуля – изменённый список сущностей подвыражений, дубликаты подвыражений в котором заменены на свои значения.

Модуль поиска подвыражений, не влияющих на общий результат, производит поиск соответствующих подвыражений. Примеры таких подвыражений:

1. В подвыражении операцией является «&&», а значение первого операнда – false или 0. Тогда значение первого операнда и является значением всего подвыражения, а второй операнд высчитывать не требуется.

2. В подвыражении операцией является «||», а значение первого варианта – true. Тогда значение первого операнда является значением всего подвыражения, второй операнд высчитывать не требуется.

Результат работы модуля – изменённый список сущностей подвыражений, в котором подвыражения, не влияющие на общий результат, отмечены специальным маркером.

Модуль вычисления подвыражений просматривает список сущностей подвыражений и высчитывает значение каждого из них, если для подвыражения не был установлен специальный маркер, указывающий, что высчитывать его не требуется, или оно не было просчитано ранее.

В результате работы модуля завершается процесс принятия решений для исходного принятого выражения.

С использованием данной схемы модулей было разработано программное обеспечение для анализа фактов и правил экспертной системы. Некоторые из результатов работы программного обеспечения представлены на рисунке 2.

Введите переменные:		Введите выражения:		
Идентификатор	Значение	Если	то	иначе
x1	12	((x1 != 0) && (x4 == x2)) || (x3 == x1) && (x5 <= 24)	x3 = 14	x6 = 21
x2	25		((x3 != x4) && (x1 >= 12)) || ((x1 != 0) && (x4 == x2))	x6 = 0	x6 = 12
x3	16	((x6 != 0) || (x2 <= x1))		x7 = 74
x4	0			
x5	41			

-----РЕЗУЛЬТАТЫ:-----

Список подвыражений

```

x1 NotEqual 0, тип: Подвыражение
x4 Equal x2, тип: Подвыражение
(x1 NotEqual 0) And (x4 Equal x2), тип: Подвыражение
x3 Equal x1, тип: Подвыражение
((x1 NotEqual 0) And (x4 Equal x2)) Or (x3 Equal x1), тип: Подвыражение
x5 LessOrEqual 24, тип: Подвыражение
(((x1 NotEqual 0) And (x4 Equal x2)) Or (x3 Equal x1)) And (x5 LessOrEqual 24), тип: Главное
x3 NotEqual x4, тип: Подвыражение
x1 MoreOrEqual 12, тип: Подвыражение
(x3 NotEqual x4) And (x1 MoreOrEqual 12), тип: Подвыражение
x1 NotEqual 0, тип: Подвыражение
x4 Equal x2, тип: Подвыражение
(x1 NotEqual 0) And (x4 Equal x2), тип: Подвыражение
((x3 NotEqual x4) And (x1 MoreOrEqual 12)) Or ((x1 NotEqual 0) And (x4 Equal x2)), тип: Главное
x6 NotEqual 0, тип: Подвыражение
x2 LessOrEqual x1, тип: Подвыражение
(x6 NotEqual 0) Or (x2 LessOrEqual x1), тип: Главное

```

-----Значения переменных:-----

```

Переменная: x1, значение: 12
Переменная: x2, значение: 25
Переменная: x3, значение: 14
Переменная: x4, значение: 0
Переменная: x5, значение: 41
Переменная: x6, значение: 0

```

-----Значения дубликатов подвыражений-----

```

(x1 NotEqual 0), значение: True
(x4 Equal x2), значение: False
(x1 NotEqual 0) And (x4 Equal x2), значение: False
(x1 NotEqual 0), значение: True
(x4 Equal x2), значение: False
(x1 NotEqual 0) And (x4 Equal x2), значение: False

```

Рисунок 2 – Результаты работы программного обеспечения

Литература. 1. Джарратано, Д. Экспертные системы. Принципы разработки и программирование / Д. Джарратано, Г. Райли ; 4-е изд. – Вильямс, 2007. – С. 1152.

ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТИВНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В ПРИБОРАХ КОНТРОЛЯ

Д. Е. КРИВОБОКОВ, А. К. КОЗЛОВ

Усложнение технологических процессов современных предприятий неизбежно влечет за собой усложнение объектов контроля, которые во многих случаях представлены совокупностью нескольких параметров с нелинейными взаимными связями. Применение приборов с традиционными методами обработки измерительных сигналов, а также калибровки не позволяет качественно и в полной мере решить проблему контроля по нескольким причинам. Во-первых, затруднено применение сложных функциональных преобразований, наиболее близко отражающих физический процесс, поскольку без высококвалифицированных специалистов усложняется калибровка и адаптация приборов к технологическим условиям. Во-вторых, уменьшается эффективность управления сканирующим сигналом, т. к. подобные действия выполняются с применением жестких критериев. По этим причинам применение интеллектуальных технологий в приборах контроля является актуальным. Цель статьи заключается в представлении вариантов применения интеллектуальных технологий в приборах контроля.

Основной проблемой применения интеллектуальных технологий в приборах контроля является сравнительно малая вычислительная способность их элементной базы, в частности, микроконтроллера. Известно, что классические варианты реализации обучаемых или адаптивных систем требуют большого объема вычислительных операций, хотя во многих случаях и однотипных. Кроме того, для хранения информации об архитектуре и структуре интеллектуальной системы требуется сравнительно большой объем памяти.

Большинство современных микроконтроллеров, использующихся в приборах контроля, не имеют математического сопроцессора, позволяющего обрабатывать операции с плавающей запятой, а также объем памяти, доступный для хранения оперативных данных соизмерим с несколькими мегабайтами, что является недостаточным для полноценного применения современных интеллектуальных технологий. Одной из причин ресурсоемкости традиционных интеллектуальных решений скрыто в изначальной неопределенности структуры или организации системы. В результате для того, чтобы воспроизвести с помощью такой системы какую-либо передаточную характеристику, необходимо обеспечить избыточное количество структурных элементов, к примеру, нейронов, обладающих большим количеством степеней свободы, к

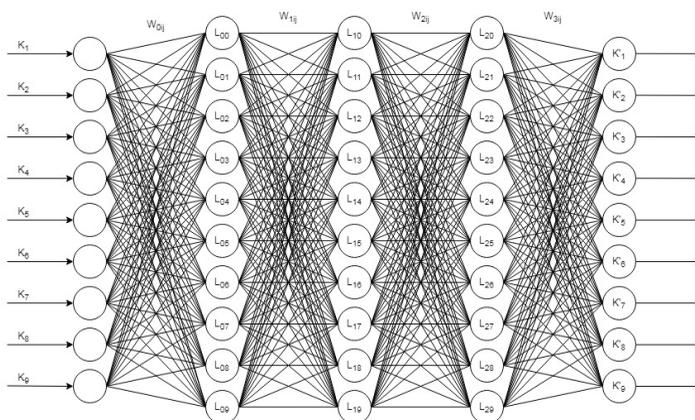
примеру, связями, и для определения этих степеней свободы требуется большой объем обучающей выборки. Другими словами, для адаптации функции преобразования прибора при изменении условий технологического процесса, основанного на традиционных интеллектуальных технологиях, обслуживающему персоналу придется выполнить огромное количество заборов проб и лабораторных анализов. Кроме того, для адекватного обучения, экспериментальные данные должны находиться в широком диапазоне значений, т. е. потребуются «искусственные» раскачивание технологического процесса. Очевидно, что в условиях промышленного предприятия подобное практически невозможно, поскольку будет связано с ухудшением качества выпускаемой продукции, дополнительными издержками, безопасностью и т. п.

Нами предложен вариант построения механизма адаптивных вычислительных преобразований на основе функциональных зависимостей с неопределенными коэффициентами, отражающих общий характер объекта контроля. На первый взгляд, решение очевидное. Однако в приборостроении устойчиво утвердились методы построения вычислительных функциональных зависимостей на основе, например, кусочно-линейной аппроксимации. Кроме того, при этом, как правило, не соблюдается причинно-следственная связь, т. к. проще построить прямую зависимость, к примеру, выразить концентрацию электролита, как функцию от удельной электрической проводимости (УЭП) и температуры, чем выразить зависимость непосредственно для УЭП, но при этом решать обратную задачу. Нами же было принято решение при построении вычислительных функций опираться на физически обоснованные зависимости, соблюдая причинно-следственные связи. К примеру, функция (1) описывает зависимость удельной электрической проводимости жидкости от концентрации и температуры электролита, основанная на законах движения и взаимодействия ионов [1]. При этом использовались законы «вязкого трения» иона, зависимости его радиуса от гидратной оболочки и заряда, взаимодействие между ионами различного заряда, аномальная подвижность ионов (Н)⁺ и (ОН)⁻. Для определения значений коэффициентов предложены несколько вариантов. Рассмотрим один из них, основанный на применении нейронной сети.

$$\chi = f(C, T, K) = K_0 C \left[(K_1 + K_2 T) + (K_3 + K_4 C) \sqrt{C} + K_5 C^2 \right] (1 + K_6 dT) \times \left[1 - \left[CK_7 / (K_8 + C) \right] \right]^{-1}, \quad (1)$$

где K_i – неопределенные коэффициенты; χ – удельная электрическая проводимость; C – концентрация электролита; T – температура раствора.

Нейронная сеть регулирует значение коэффициентов функциональной зависимости при использовании полученных расхождений между образцовыми значениями контролируемого параметра и соответствующих результатов расчета. В данном случае нейросеть представляет собой обычную однонаправленную слоистую структуру, состоящую всего из трех скрытых слоев по 10 нейронов на каждом слое, а также по 9 нейронов на входном и выходном слоях (рисунок 1). Резкое сокращение объема сети стало возможным благодаря применению нейросети для настройки передаточной характеристики специализации функциональной зависимости для вычислительных преобразований, а не в качестве непосредственно преобразователя, что позволило уменьшить неопределенность и повысить эффективность обучения. Обучение нейросети осуществляется по данным, полученным при помощи использующейся функциональной зависимости, путем случайного изменения коэффициентов при различных входных значениях и регистрации изменений выходных значений.



K_1 – K_9 – входные значения коэффициентов; K'_1 – K'_9 – выходные значения коэффициентов; L_{ij} – нейроны скрытых слоев, где i – порядковый номер слоя, j – порядковый номер нейрона в слое; W_{kij} – величины весов связей между нейронами, где k – номер слоя связи, i – порядковый номер нейрона предыдущего слоя, j – порядковый номер нейрона текущего слоя

Рисунок 1 – Структурная схема нейронной сети

Для проверки связки аппаратных возможностей работы микроконтроллера и функциональных возможностей спроектированной и созданной нейронной сети необходимо создать обучающую и контрольную выборки. Обучающая выборка должна содержать как можно

более полный набор данных о работе системы. Для облегчения процесса получения эталонных выходных данных можно использовать некоторые функциональные зависимости, различные полиномы со степенями до трех и различным количеством связанных переменных. Процесс обучения заключается в последовательной прогонке обучающей выборки данных с последующей необходимой корректировкой весов связей. В зависимости от общего объема выборки, выполняется несколько циклов обучения, обычно от нескольких десятков до нескольких сотен. Процесс тестирования состоит из прогонки значений тестовой выборки и сравнения результатов преобразования с эталонными значениями. При удовлетворительных результатах сеть запускается в работу, при неудовлетворительных – обучение выполняется снова, возможно с изменением обучающей выборки.

Данная нейронная сеть была разработана и испытана на микроконтроллере семейства STM32F407, стартовый объем занимаемой памяти составляет порядка 33 КБ, скорость обработки данных составляет ≈ 5000 циклов/с ($\approx 0,2$ мкс на цикл).

Исходя из вышеизложенного, можно считать применение нейросетевых технологий в микроконтроллерах возможным при условии согласования свойств нейронной сети и технических характеристик конкретного микроконтроллера. Ограничивающими факторами со стороны МК будут являться его малая ресурсоёмкость, со стороны нейросети – потребность в больших объемах данных. В данном примере удалось добиться адекватного режима управления от нейронной сети в условиях работы с микроконтроллером STM32F407; разработанная нейронная сеть осуществляет корректировку коэффициентов функции преобразования измерительных сигналов в режиме реального времени на основании экспериментальных данных.

Литература. 1. Соловьёв, В. А. Анализ методик построения функциональных преобразований в кондуктометрических концентраторах / В. А. Соловьёв, Д. Е. Кривобоков // Измерительная техника. – 2017. – № 10. – С. 62–66.

УДК 519.254:004.021

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ГИЛЬБЕРТА ДЛЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ НА БАЗЕ ЯДРА CORTEX-M

С. С. НЕСТЕРЕНКО, А. Г. ЯКУНИН

На протяжении последних десятилетий цифровая обработка сигналов (ЦОС) получает всё более широкое применение в самых различных отраслях современного информационного общества, таких как

телекоммуникация, биомедицина, цифровое телевидение, радиолокация и т. д. [1, 2]. Причём этот список отраслей продолжает неуклонно расти. Поэтому актуальна задача применения методов ЦОС в так называемых встраиваемых системах – небольших и обособленных микропроцессорных системах управления, контроля и мониторинга. В настоящее время данные системы, особенно бюджетные, основываются на микроконтроллерах на базе ядра Cortex-M разработки компании ARM [3]. Данные ядра располагают достаточными вычислительными возможностями для выполнения цифровой обработки сигналов с достаточно большой вычислительной сложностью.

Преобразование Гильберта [1, 4] и связанное с ним понятие аналитического сигнала играет большую роль в современной цифровой обработке сигналов при решении, например, таких задач, как формирование однополосной SSB – модуляции на одной боковой полосе, нахождение фазовых сдвигов сигналов с малой величиной задержки и анализе сигналов [5, 6]. Однако, если SSB – сигнал можно получить аппаратными средствами с помощью квадратурного модулятора, то для многих других практических применений более эффективно применение анализа свойств комплексного аналитического сигнала $z(t)$, задаваемого выражением [7]:

$$z(t) = x(t) + j \cdot \hat{x}(t), \quad (1)$$

где $\hat{x}(t)$ называется ортогональным дополнением действительного сигнала $x(t)$, задаваемого выражением [6]:

$$\hat{x}(t) = \frac{1}{\pi} \cdot \int_{-\infty}^{+\infty} h(t - \tau)x(\tau) d(\tau), \quad (2)$$

где $h(t) = 1/\pi \cdot t$ – ядром ортогонального преобразования Гильберта, которое является импульсной характеристикой линейного фильтра, на выходе которого формируется ортогональное дополнение сигнала.

Зная аналитический сигнал, можно вычислить мгновенные значения амплитуды и фазы сигнала по формулам

$$a(t) = \sqrt{x^2(t) + \hat{x}^2(t)}, \quad (3)$$

$$\varphi(t) = \arctan \frac{\hat{x}(t)}{x(t)}, \quad (4)$$

с существенно большей точностью, чем его простое детектирование и подсчет импульсов эталонной частоты между наблюдаемым и референтным сигналом. В этом и заключается большое прикладное значе-

ние аналитического сигнала и преобразования Гильберта. Однако аналоговые методы обработки сигналов не позволяют находить входящие в выражения (3), (4) функции, и поэтому вычисление данных выражений выполняют численными методами, в которых вместо (2) ортогональное дополнение рассчитывается как сумма образованного отсчетами действительного сигнала временного ряда [7]

$$\hat{x}(t) = \sum_{k=1}^N \frac{x(k)}{\pi(i-k)}. \quad (5)$$

Поскольку выражение (2) представляет собой свертку двух сигналов во временной области, то, в соответствии с теоремой о свертке, в частотной области ей будет соответствовать умножение спектров исходного сигнала $X(\omega)$ и спектра ядра преобразования Гильберта $H(\omega)$ в частотной области, которое можно представить, как

$$\hat{X}(\omega) = H(\omega) \cdot X(\omega), \quad (6)$$

где $\hat{X}(\omega)$ – спектр ортогонального дополнения $\hat{x}(t)$ сигнала $x(t)$.

Таким образом, ортогональное дополнение можно рассматривать как результат прохождения исходного сигнала через фильтр Гильберта, имеющего импульсную характеристику $h(t)$ и спектр

$$H(\omega) = -j \cdot \text{sgn}(\omega). \quad (7)$$

Вид передаточной функции такого фильтра представлен на рисунке 1.

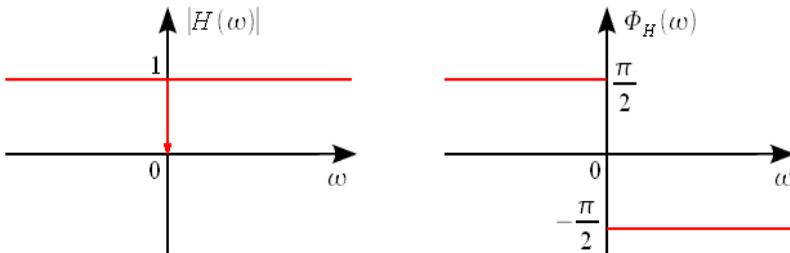


Рисунок 1 – АЧХ и ФЧХ идеального фильтра Гильберта

Из выражений (1), (6) и (7) следует, что спектр аналитического сигнала равен

$$Z(\omega) = X(\omega) + j \cdot H(\omega) \cdot X(\omega) = \begin{cases} 0, & \omega < 0 \\ X(0), & \omega = 0 \\ 2 \cdot X(\omega), & \omega > 0 \end{cases}, \quad (8)$$

т. е. определяется удвоенным значением спектра исходного сигнала в области положительных частот и его постоянной составляющей.

Отсюда вытекает следующий алгоритм вычисления аналитического сигнала:

1. Вычислить спектр исходного сигнала при помощи преобразования Фурье.
2. Вычислить спектр аналитического сигнала по формуле (8).
3. Найти аналитический сигнал при помощи обратного преобразования Фурье его спектра.

Замена непосредственного нахождения аналитического сигнала через выражение (2) данным алгоритмом несколько снижает его вычислительную сложность, поскольку для вычисления прямого и обратного преобразования Фурье можно использовать соответствующие алгоритмы быстрого дискретного преобразования. Однако основным преимуществом применения данного алгоритма является то, что алгоритмы быстрого преобразования Фурье интегрированы на аппаратном уровне в цифровые сигнальные процессоры (DSP – digital signal processor) и даже встроены во многие микроконтроллеры широкого применения, что позволяет решать подобные задачи в режиме реального времени.

В данной работе предлагается реализация данного алгоритма на микроконтроллере STM32F407ZGT фирмы STMicroelectronics, который можно считать бюджетным микроконтроллером среднего уровня. Этот микроконтроллер выполнен на базе ядра ARM Cortex-M4F. Возможности, которыми располагает данное ядро, позволяют использовать его для цифровой обработки данных. К таким особенностям относятся:

- высокая тактовая частота (до 168 МГц);
- трехступенчатый конвейер с предсказанием переходов;
- набор выполняемых за один такт таких инструкций ЦОС, как 32-разрядное умножение, умножение с накоплением и т. д.;
- аппаратное деление за 2–12 тактов;
- аппаратная поддержка арифметики с насыщением;
- поддержка SIMD (Single instruction, multiple data) инструкций для 8- и 16-битных данных;
- FPU – сопроцессор для выполнения операций над данными с плавающей точкой, в том числе и для аппаратного вычисления квадратного корня.

Другим преимуществом микроконтроллеров на базе ядра Cortex-M является наличие фреймворка CMSIS (Cortex Microcontroller Software Interface Standard), который содержит набор заводских библиотек и предоставляет единый для всего семейства данных ядер способ взаимодействия с процессором и периферийными устройствами. CMSIS

предоставляется разработчиком Cortex-M – компанией ARM. Одним из компонентов данного фреймворка является библиотека CMSIS-DSP. Данная библиотека предоставляет готовый набор функций для цифровой обработки данных. К ним относятся функции свертки, корреляции, интерполяции, преобразования Фурье, работы с матрицами, работы с комплексными числами и другие. Данная библиотека работает на всём семействе ядер Cortex-M.

Для реализации преобразования Гильберта были использованы функции из библиотеки CMSIS-DSP, т. к. они максимально оптимизированы для работы на ядрах Cortex-M и позволяют добиться высокой скорости вычислений аналитического сигнала.

Программная реализация преобразования Гильберта была выполнена в виде функции *arm_chilbert_f32*:

```
void arm_chilbert_f32( const arm_cfft_instance_f32*
S, float32_t* p1)
{ uint32_t L = (S->fftLen);
  arm_cfft_f32(S, p1, 0, 1);
  arm_scale_f32(p1+1, 2, p1+1, L-1);
  arm_fill_f32(0.0, p1 + L + 1, L-1);
  arm_cfft_f32(S, p1, 1, 1);
}
```

В данную функцию передаётся структура настроек для преобразования Фурье и указатель на исходный сигнал в комплексном виде. Функция *arm_cfft_f32* выполняет прямое или обратное преобразование Фурье в зависимости от переданных параметров. Функция *arm_scale_f32* выполняет поэлементное умножение вектора на указанное значение, а функция *arm_fill_f32* заполняет переданное количество значений вектора указанным значением. Результатом работы данной функции является вектор, представляющий собой аналитический сигнал, то есть его действительной частью является исходный сигнал, а мнимой – ортогональное дополнение исходного сигнала, задаваемое выражением (1).

Данный алгоритм был использован для вычисления по выражению (3) огибающей сигнала, представляющего собой отклик пьезоэлектрического преобразователя в ультразвуковом 3D-анемометре [7]. Через нее определялись времена прохождения акустического сигнала между преобразователями по направлению и против направления скорости движения воздушных масс для последующего определения их скорости.

Программный код вычисления огибающей сигнала, состоящего из 1024 значений, представлен далее.

```

// Преобразование исходного сигнала в комплексный
вид
for (uint32_t i = 0; i < N2; i++)
    { data5_cmplx[2*i] = data5_fir[i];
      data5_cmplx[2*i+1] = 0;
    }
// Выполнение преобразования Гильберта
arm_cfft_instance_f32 cfft_inst =
    arm_cfft_sR_f32_len1024;
arm_chilbert_f32(&cfft_inst, data5_cmplx);
// Разделение результата на действительную и мнимую
часть
for (uint32_t i = 0; i < N2; i++)
    { data5_real[i] = data5_cmplx[2*i];
      data5_imag[i] = data5_cmplx[2*i+1];
    }
// Возведение действительной и мнимой части в квадрат
for (uint32_t i = 0; i < N2; i++)
    { data5_real[i] = data5_real[i] * data5_real[i];
      data5_imag[i] = data5_imag[i] * data5_imag[i];
    }
// Вычисление квадратного корня суммы полученных
значений
for (uint32_t i = 0; i < N2; i++)
    { arm_sqrt_f32(data5_real[i] + data5_imag[i],
                  &data5_amp[i]);
    }

```

В результате работы данного алгоритма получается массив *data5_amp*, представляющий собой амплитудную огибающую исходного сигнала.

Результаты работы данного алгоритма представлены на рисунке 2.

Тестирование показало, что преобразование Гильберта для сигнала, состоящего из 1024 измерений, занимает примерно полторы миллисекунды, что можно считать хорошим результатом для микроконтроллера среднего уровня.



а)

б)

в)

Рисунок 2 – Исходный сигнал $x(t)$ (а), его абсолютное значение $|x(t)|$ (б) и его огибающая $a(t)$, задаваемая выражением (3) (в)

Литература. 1. Залманзон, Л. А. Преобразования Фурье, Волша, Хаара и их применение в управлении, связи и других областях / Л. А. Залманзон. – Москва : Наука, 1989. – 496 с. **2.** Айфичер, Эмануил С. Цифровая обработка сигналов: практическое применение ; 2-е изд., пер. с англ. / Эмануил С. Айфичер, Барри У. Джервис. Москва : Издательский дом «Вильямс», 2008. – 992 с. **3.** Редькин, П. П. 32-битные микроконтроллеры NXP с ядром CORTEX-M3 семейства LPC17XX (+CD) / П. П. Редькин. – М. : Додэка-XXI, 2015. – 766 с. **4.** Цапенко, Н. Е. Аналитические функции и интегральные преобразования / Н. Е. Цапенко. – М. : Физматлит, 2012. – 176 с. **5.** Однополосная амплитудная модуляция (single side band SSB) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : URL: http://ru.dsplib.org/content/signal_ssb/signal_ssb.html. – Загл. с экрана. Дата обращения : 06.05.2019. **6.** Преобразование Гильберта. Аналитический сигнал. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : URL: <http://ru.dsplib.org/content/hilbert/hilbert.html>. – Загл. с экрана. Дата обращения: 06.05.2019. **7.** Хованова, Н. А. Методы анализа временных рядов [Текст] : учеб. пособие / Н. А. Хованова, И. А. Хованов. – Саратов : Изд-во ГосУНЦ Колледж, 2001. – 120 с. **8.** Yakunin, A. G. 3D Ultrasonic Anemometer with tetrahedral arrangement of sensors / A. G. Yakunin // IOP Publishing IOP Conf. Series : Journal of Physics : Conf. Series 881 (2017) 012028 doi : 10.1088/1742-6596/881/1/012028.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ СЖАТИЯ БЕЗ ПОТЕРЬ ДАННЫХ ТЕМПЕРАТУРНОГО МОНИТОРИНГА

Е. М. МЕЛЬНИКОВ, А. Г. ЯКУНИН

Задача разработки эффективных методов компактификации данных становится в последнее время все более актуальной в связи с появлением интернета вещей и, как следствие, резким возрастанием потоков информационных потоков. Основными требованиями, предъявляемыми к таким методам, являются не только высокая степень сжатия, но и высокое быстродействие при упаковке и распаковке данных, достаточное для их обработки в режиме реального времени. Дополнительным требованием может являться также возможность работы в потоковом режиме, поскольку для многих применений приходится иметь дело с информационными сигналами, непрерывно поступающими с систем сбора или формирования первичных данных. На сегодня существует огромное множество различных алгоритмов уплотнения данных [1], но, тем не менее, процесс их разработки не прекращается, поскольку для многих специфических применений, например, для сжатия специфических высококонтрастных космических снимков [2], специализированные алгоритмы обеспечивают получение лучших результатов.

Логично было предположить, что и для иных видов измерительной информации, и, в частности, информации, формируемой в системах климатического и технического мониторинга, подобных описанным в [3, 4], можно обеспечить более высокую степень сжатия, чем ту, которую можно получить с помощью обычных архиваторов. Так, в работе [5] показана эффективность применения для хранения такой информации приведенных к целочисленному виду нормализованных данных, а в работах [6, 7] был предложен модифицированный вариант реализации описанного в [1] RLE – метода сжатия. Экспериментальная проверка совместной работы предложенных алгоритмов показала, что они обеспечивают лучшую степень сжатия, чем методы, основанные на аппроксимации регистрируемых временных рядов полиномами или тригонометрическими рядами [8]. В настоящее время работы в этом направлении продолжают, и были получены новые результаты по разработке алгоритмов сжатия без потерь, в основе которых лежит RLE-метод. В частности, было предложено два алгоритма. Первый ориентирован на компрессию текстовых файлов, содержащих разделенные запятыми числовые ряды содержащие результаты измерений в

виде числе с фиксированной запятой и конечным числом целой и дробной части [9]. Второй алгоритм ориентирован на сжатие бинарных данных, представляющих собой числовые ряды из целочисленных нормализованных отсчетов, каждый из которых занимает 2 байта. По сути, эти отсчеты представляют собой 12-разрядный бинарный код, формируемый цифровым датчиком температуры DS18B20 фирмы Dallas Semiconductor. В отличие от первой реализации, во втором алгоритме для повышения степени сжатия были использованы разностные схемы с упаковкой малоразрядных пар {число повторов – разностный отсчет} в четырехбайтовые слова. Поскольку в реальных сигналах как число повторов, так и значение разности не всегда может быть малоразрядным числом, в получающуюся цепочку малоразрядных пар инкапсулировались флаги (метки), код которых отличался от кода допустимых значений разностных отсчетов и числа повторов. Данные флаги указывали на факт появления в отсчетах чисел с повышенной разрядностью: как разностных значений между отсчетами, так и числа повторов таких разностей.

Целью данной работы являлось экспериментальное сравнение степени сжатия, достигаемое в разработанных алгоритмах для различных типов сигналов, наблюдаемых в системах температурного мониторинга, с результатами, достигаемыми при применении для сжатия этих же данных известных методов, реализованных в архиваторе 7z.

Для этого из данных, полученных в информационно-измерительной системе технического и метеорологического мониторинга Алтайского государственного технического университета [3], выбирались участки с различным характером динамики изменения температуры и местом ее измерения (рисунок 1), содержащие по 7000 отсчетов, из которых формировались файлы различного типа.

Эти данные были сохранены в трех файлах в следующих форматах:

- double.txt – текстовый файл, хранящий перечисленные через запятую исходные значения в виде чисел с фиксированной запятой, взятые из базы данных информационной системы;

- numbers.txt – текстовый файл, хранящий разделенные запятыми нормализованные отсчеты, получаемые из исходных данных (double.txt) путем их смещения на нижнюю границу диапазона измерения и последующего деления на шаг дискретизации датчика температуры DS18B20, равный 0,0625 °C [5];

- numbers.bin – бинарный файл взятых из файла numbers.txt нормализованных целых чисел, где каждое число имеет не более 12 двоичных разрядов и занимает 2 байта.

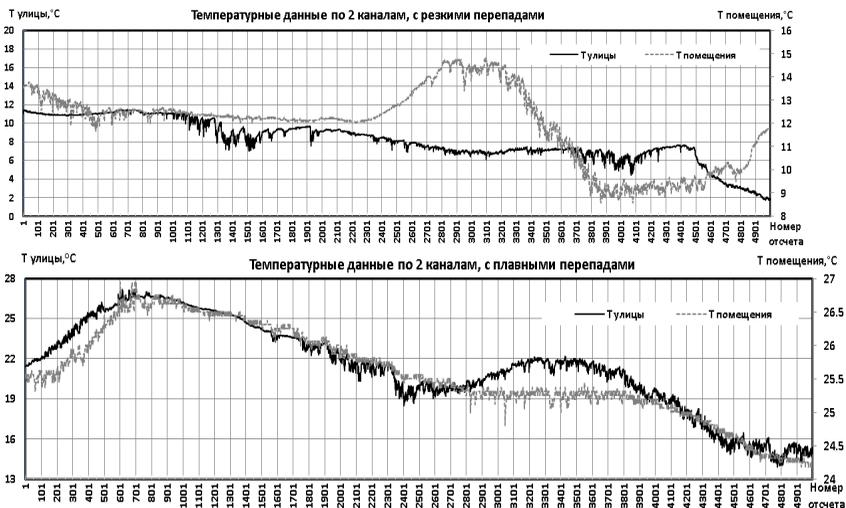


Рисунок 1 – Графики температурных ряды с резкими (а) и с плавными (б) перепадами, выделенными из двух каналов («Улица», «Помещение») информационной системы университетского кампуса

Данные файлы сжимались различными методами, выбираемыми из диалогового окна архиватора 7z (рисунок 2). Исходный файл double.txt при этом сжимался также предложенным алгоритмом сжатия текстовых файлов, а бинарный файл – предложенным алгоритмом сжатия бинарных файлов.

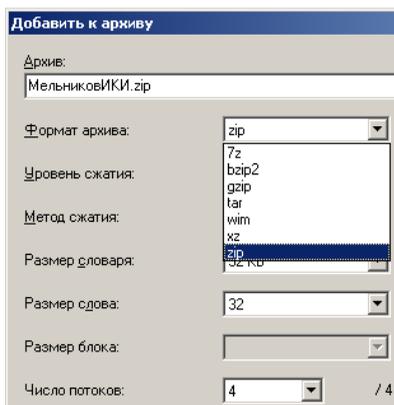


Рисунок 2 – Выбор методов сжатия данных в стандартном архиваторе 7z

Результаты проведенного эксперимента представлены в таблицах 1–4. В них размеры исходных файлов находятся в колонках «Ориг.», а результаты работы предложенных алгоритмов – в колонках «ALg1» (сжатие текстовых данных) и «ALg2» (сжатие бинарных файлов). В последней строке показаны результаты сжатия файла compress.bin, в который записывались результаты работы алгоритма «ALg2».

В представленных в таблицах данных жирным шрифтом выделены ячейки с референтными методами, в которых достигался наименьший размер выходных данных. Для исследования делалось несколько выборок исходных данных, но результат в целом имел сходную картину. Во всех случаях сжатие данных для уличной температуры оказывалось хуже, чем для данных о температуре в помещении.

Таблица 1 – Результаты сжатия данных канала уличной температуры (резкие перепады)

Данные	Ориг.	Bzip2	LZMa	LZMa2	PPMd	GZIP	XZ	RAR	ZIP	Deflate	ALg1	ALg2
double.txt	30632	1622	2326	2331	1590	2103	2269	2390	2203	2184	4480	–
numbers.txt	18701	1526	1653	1658	1689	1763	1597	1965	2057	1843	–	–
number.bin	14000	1406	1597	1602	1723	1725	1542	1403	2137	1806	–	1820
compress.bin	1820	1584	1496	1531	1662	1572	1600	1538	1498	1580	–	–

Таблица 2 – Результаты сжатия данных канала уличной температуры (плавные перепады)

Данные	Ориг.	Bzip2	LZMa	LZMa2	PPMd	GZIP	XZ	RAR	ZIP	Deflate	ALg1	ALg2
double.txt	30432	1764	2529	2535	1730	2287	2467	2599	2396	2375	4122	–
numbers.txt	18601	1659	1797	1804	1837	1917	1737	2137	2237	2004	–	–
number.bin	14000	1529	1737	1743	1874	1876	1677	1526	2324	1964	–	1540
compress.bin	1540	1434	1369	1416	1362	1288	1400	1437	1415	1387	–	–

Таблица 3 – Результаты сжатия данных канала температуры в помещении (резкие перепады)

Данные	Ориг.	Bzip2	LZMa	LZMa2	PPMd	GZIP	XZ	RAR	ZIP	Deflate	ALg1	ALg2
double.txt	31251	1446	2105	2111	1416	2047	2045	2113	1916	1958	4116	–
numbers.txt	18524	1355	1527	1540	1733	1661	1422	1767	1854	1736	–	–
number.bin	14000	1241	1422	1441	1526	1550	1364	1316	1951	1618	–	1470
compress.bin	1400	1334	1329	1216	1261	1388	1300	1337	1315	1327	–	–

Таблица 4 – Результаты сжатия данных канала температуры в помещении (плавные перепады)

Данные	Ориг.	Bzip2	LZMa	LZMa2	PPMd	GZIP	XZ	RAR	ZIP	Deflate	ALg1	ALg2
double.txt	31211	1157	1684	1688	1133	1637	1636	1690	1532	1566	3920	–
numbers.txt	18324	1084	1222	1232	1387	1328	1138	1414	1483	1388	–	–
number.bin	14000	992	1138	1153	1220	1240	1091	1052	1561	1294	–	980
compress.bin	980	900	920	911	880	890	933	851	966	900	–	–

Это объясняется тем, что степень сжатия возрастает при наличии повторяющихся и медленно меняющихся значений. А для улицы характерно как раз большее непостоянство температуры из-за присутствия существенных циркуляционных потоков и наличия микротурбулентностей воздушных масс с локальными участками перегрева, возникающими под действием солнечного излучения и взаимодействием потоков с нагретыми поверхностями объектов, находящихся вблизи датчиков температуры.

Как и следовало ожидать, текстовые данные всегда сжимались несколько хуже, чем данные, представленные в бинарном виде, хотя коэффициент сжатия, рассчитываемый по соотношению размеров исходного и конечного файла, для них в ряде случаев оказывался выше. При этом во всех опытах предложенный алгоритм № 1 существенно проигрывал всем известным методам сжатия, что говорит о его низкой эффективности. В то же время алгоритм № 2, рассчитанный на обработку плавных, медленно меняющихся данных, во всех опытах продемонстрировал лучшие результаты и даже на сигналах с резкими перепадами лишь немногим уступал известным алгоритмам сжатия данных. При этом, как видно из последней строчки таблиц 1–4, достигаемая им степень сжатия приближается к предельной, поскольку повторная компрессия почти не дает сколько-нибудь существенных результатов.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что существующие архиваторы, несмотря на заложенные в них методы моделирования, для ряда применений неспособны эффективно обрабатывать данные технического мониторинга в отличие от специально разработанных для этих целей алгоритмов. Хотя результаты проведенных исследований показали высокую эффективность разработанного алгоритма № 2 только на данных с плавным изменением значений во времени, но и в других случаях он оказался не намного хуже уже существующих алгоритмов сжатия данных. В то же время простота и низкая вычислительная сложность предложенного алгоритма делает перспективным его применение для компактификации данных технического, и, в частно-

сти, температурного мониторинга, когда имеют место лишь незначительные флуктуации показаний измерительных устройств.

Литература. 1. Solomon, D. Data Compression : The Complete Reference: Fourth edition/ D. Solomon. – London : Springer, 2007. – 1093 p. 2. Грищенко, А. Ю. Эффективное сжатие изображений на базе дифференциального анализа / А. Ю. Грищенко // Журнал радиоэлектроники. – 2012. – № 12. – 42 с. (URL: <http://jre.cplire.ru/jre/nov12/1/text.pdf>, дата обращения – 07.05.2019). 3. Хусейн, Х. М. Проектирование и внедрение систем для климатического и технологического мониторинга / Х. М. Хусейн, Р. В. Кунц, Л. И. Сучкова, А. Г. Якунин // Известия Алтайского государственного университета. – 2013. – № 1–1 (77). – С. 210–214. 4. Сучкова, Л. И. Многоточечная система дистанционного мониторинга пространственно-распределенных динамических процессов / Л. И. Сучкова, Х. М. Хусейн, Р. В. Кунц, М. А. Якунин, А. Г. Якунин, А. В. Юрченко // Контроль, диагностика – № 2013. – 13. – С. 95–101. 5. Сучкова, Л. И. Особенности проектирования баз данных для систем температурного мониторинга и учета энергоресурсов / Л. И. Сучкова, А. В. Шолкин, А. Г. Якунин // Материалы XII Международной научно-технической конференции «ИКИ-2011». – Барнаул : Изд-во Алт.гос.ун-та, 2011. – С. 41–46. 6. Hussein, H. M. Data Differencing Method To Optimize Data Storing In Weather Monitoring System / H. M. Hussein, A. G. Yakunin // Ползуновский вестник. – 2013. – № 2. – С. 65–68. 7. Hussein, H. M. Storage space saving for database in weather monitoring system using data difference techniques / H. M. Hussein, A. G. Yakunin, L. I. Suchkova // Материалы 17-й Международной конференции «Измерение, контроль, информатизация». – Барнаул : АлтГТУ, 2016. – С. 34–38 (URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26725462>). 8. Mogahed, H. A comparison of data compression methods for solving problems of temperature monitoring / H. Mogahed, A. Yakunin, L. Suchkova // МАТЕС Web of Conferences. – 2016. – V. 79(2016). – DOI: 10.1051/mateconf/20167901076. 9. Мельников, Е. М. Алгоритм сжатия SQL-дампы данных температурного мониторинга / Е. М. Мельников, А. Г. Якунин // В сб. : XVI Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь – 2019». Секция «Информационные технологии». Подсекция «Информатика, вычислительная техника и информационная безопасность» / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2019. – 80 с.

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», факультет информационных технологий, Якунину А. Г., тел. (385-2) 29-07-86. E-mail: yakunin@agtu.secna.ru.*

2 МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

УДК 625.717:551.321.7

ПРИБОР И МЕТОД КОНТРОЛЯ ПРОЧНОСТИ СНЕГА (ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ)

В. А. ГАНЖА, А. В. ГАНЖА, А. С. САТЫШЕВ

На стадии инженерно-геологических исследований, а также при строительстве и последующем содержании зданий, сооружений, автомобильных дорог на грунтовых или снежно-ледяных основаниях, в обязательном порядке систематически проводится полевой контроль материала этих оснований, материала дорожных одежд с целью определения их основных физико-механических свойств (ФМС): прочности (несущей способности); деформируемости (жесткости); плотности; угла внутреннего трения; сцепления и др.

Современное состояние вопроса. Широкое практическое применение для исследования ФМС различных твердых сред получили методы пенетрации и зондирования, реализуемые посредством использования соответствующих приборов: ударников, зондов, ударников-зондов, плотномеров, динамических плотномеров, пенетрометров, склероскопов, штампов, твердомеров и т. д. [1–2].

Наиболее представительной группой таких средств контроля являются приборы динамического и статического действия, предназначенные для полевых испытаний грунтов.

Иная ситуация сложилась в области методов и средств контроля ФМС снежно-ледяных покрытий. Известные приборы, которые могут быть использованы для этих целей, например, ударник-зонд Создорнии [3] или динамический плотномер конструкции А. Н. Зеленина [4] предназначены для контроля покрытий, толщиной более 100 мм. При этом в практике зимнего содержания автомобильных дорог толщина снежно-ледяного слоя ограничивается меньшими значениями [5]. На таких покрытиях может применяться твердомер НИАС [6]. Однако получаемые результаты измерений имеют низкую точность в силу конструктивного несовершенства данного прибора и метода его использования.

Цель работы: определение, в результате анализа зарубежного опыта в исследуемой области, значимых технических и методических решений для их использования при разработке новых средств измерительного контроля ФМС снежно-ледяных покрытий.

Основные результаты аналитической работы авторов.

Наибольший интерес в рамках данной работы представляют результаты широкомасштабных исследований ФМС различных видов снега, проводившихся в Японии творческим коллективом под руководством Сэйити Киношиты с использованием прибора его же конструкции (рисунок 1) [7].

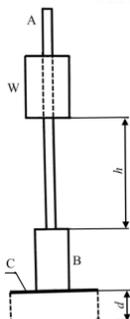


Рисунок 1 – Прибор измерения прочности снега С. Киношиты

Индентором данного прибора является круглая металлическая пластина *C*, которая накладывается на поверхность исследуемого снежного покрова. Стержень *A* с цилиндром *B* в его нижней части, устанавливается вертикально на поверхность пластины *C*.

Затем с высоты *h* (см) опускается цилиндрический груз *W* (*m*, кг), перемещающийся вдоль стержня *A* и падающий на цилиндр *B*. Таким образом, на снег действует динамическая нагрузка, вызывающая оседание снежной поверхности *d* (см). Среднее сопротивление *F*, которое снег оказывает внедрению пластинки *C*, определяется по формуле:

$$F = m/(1 + h/d) + M. \quad (1)$$

где *M* – сумма весов элементов *A* и *B*.

Прочность снега *H* (кг/см² ≈ 0,1 МПа) может определяться по формуле:

$$H = F / S. \quad (2)$$

Или, с учетом выражения (1):

$$H = 1/S[m(1 + h/d) + M]. \quad (3)$$

В комплект прибора входят круглые пластины различных диаметров, применяющиеся для измерения прочности снега в широком

диапазоне ее значений. Диаметры пластин следующие: 20 см, 14 см, 10 см, 7 см, 5 см, и 3,5 см. Площадь каждого из шести дисков составляет половину площади предыдущего, таким образом, площадь самого большого диска диаметром 20 см соответствует 32 площадям наименьшей пластины диаметром 3,5 см.

Предусмотрено использование двух цилиндрических грузов W массой $m = 1$ кг и $m = 3$ кг. Диапазон значений твердости H по методу Киношиты составляет $1,3 \div 13$ кг/см². При проведении экспериментальных исследований размеры пластин, значения m и h принимались по данным таблицы 1.

Таблица 1 – Значения величины диска, веса и высоты грузила

Плотность снега ρ , г/см ³	Диаметр диска D , мм	Вес грузила m , кг	Высота грузила h , см
$\approx 0,1$	20	0	–
$0,1 \div 0,15$	14; 10	1	$0 \div 10$
$0,15 \div 0,20$	10; 7	1	10
$0,20 \div 0,3$	7; 5	1	10; 30
$0,3 \div 0,4$		1	30
		3	10
Более 0,4	3,5; 3*	3	30; 40

* цилиндр B без диска

Указанное в таблице значение «вес грузила равен 0» – для случая, когда диск C проваливается в снег только при установке на него стержня A и при отсутствии груза W . Поскольку $m = 0$, $H = M/S$, в независимости от глубины погружения d . Значение параметра $M = 520$ г, максимальная площадь диска $S = 314$ см², поэтому значение $H = 1,6$ г/см². Контроль прочности снега проводился на разной глубине его залегания.

Основными результатами экспериментальных исследований установлены закономерности изменения прочности (твердости), плотности и температуры снега в зависимости от глубины его залегания. Построены графики зависимостей указанных ФМС исследуемой среды от глубины залегания, произведен их анализ, сформулированы выводы и рекомендации по практическому использованию представленных результатов [7].

Примером такого использования могут служить натурные исследования рабочего процесса двухстадийного роторного снегоочистителя, результаты, которых представлены в работе [8]. Все потребности исследователей в измерении прочности (твердости) снежного массива, разрабатываемого опытной снегоочистительной машиной были удовлетворены использованием в составе прибора Киношиты пластины C диаметром 5 см.

Заключение.

Результатами реализации метода контроля прочности различных видов снега с использованием прибора конструкции С. Киношита обеспечивается получение достоверных значений контролируемой величины в диапазоне $1,3 \div 13 \text{ кг/см}^2$. Представленные результаты непременно надлежит учитывать при разработке новых методов и средств измерительного контроля ФМС снежно-ледяных дорожных покрытий.

Литература. 1. Болдырев, Г. Г. Испытания грунтов методом пенетрации. Часть 1 / Г. Г. Болдырев // Инженерные изыскания. – 2010. – № 11. – С. 26–24. 2. ГОСТ 19912–2012. Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием. – Введ. 11.01.2013. – М.: Изд-во стандартов, 2012. – 23 с. 3. ВСН 137–89. Проектирование, строительство и содержание зимних автомобильных дорог в условиях Сибири и Северо-Востока СССР. – Взамен ВСН 137–77. – Введ. 20.02.89. – М.: Минтрансстрой СССР, 1991. – 96 с. 4. Зеленин, А. Н. Машины для земляных работ / А. Н. Зеленин, В. И. Баловнев, И. П. Керов. – М.: Машиностроение, 1975. – 424 с. 5. Ганжа, В. А. О выборе прототипа прибора контроля прочности (несущей способности) уплотненного снежного покрова грунтовых аэродромов и автодорог / В. А. Ганжа, А. В. Ганжа // Измерение, контроль, информатизация: материалы XVIII международной научно-технической конференции / под ред. Л. И. Сучковой. – Барнаул, 18 мая 2017 г. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2017. – С. 71–74. 6. Руководство по эксплуатации гражданских аэродромов Российской Федерации (РЭГА РФ – 94). – М.: Воздушный транспорт, 1995. – 232 с. 7. Киношита, С. Твердость снежного покрова / С. Киношита // Ученые записки. Университет Хоккайдо. Серия А: Науки о низких температурах. Естественные науки. – 1960. – № 19. – С. 119–134. 8. Шibuа, М. Работа двухстадийного роторного снегоочистителя / М. Шibuа, Х. Кируяма. – Борьба со снегом и гололедом на транспорте: материалы 2-го Международного симпозиума, состоявшегося 15–19 мая 1978 г., Ганновер, штат Нью-Гэмпшир, США; пер. с англ. Л. Я. Менис, М. Н. Шипковой / под ред. А. П. Васильева. – М.: Транспорт, 1986. – 216 с. – С. 129–137.

Реквизиты для справок: *Россия, 660074, Красноярск, пр. Свободный, 82, стр. 6, Институт нефти и газа сибирского федерального университета, кафедра топливообеспечение и горючесмазочные материалы, к.т.н., доцент Ганжа В. А. E-mail: vladimirganzha@yandex.ru.*

О РАЗРАБОТКЕ ОПТИЧЕСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

И. П. МИРОШНИЧЕНКО

В настоящее время появление значительного количества новых материалов и их широкое использование в различных областях техники приводит к необходимости разработки и использования новых высокоточных средств измерений для решения различных прикладных измерительных задач.

Одним из актуальных и перспективных направлений создания новых высокоточных средств измерений является разработка бесконтактных оптических измерительных устройств, основанных на современных лазерных технологиях и новых методах оптической интерферометрии, а также систем, устройств и программного обеспечения, обеспечивающих их функционирование при решении измерительных задач, что позволяет существенно повысить точность, качество и информативность результатов измерений [1–3].

Целью работы являлась разработка оптического измерительного комплекса для регистрации и обработки результатов измерений малых пространственных перемещений поверхностей объектов контроля (ОК), позволяющего решать измерительные задачи при исследовании физико-механических свойств и в процессе диагностики состояния новых материалов акустическими активными методами неразрушающего контроля.

В предлагаемый комплекс входят: система управления, оптическое интерференционное устройство для бесконтактного измерения малых пространственных перемещений поверхностей ОК, устройство для защиты от влияния внутренних возмущающих воздействий и коррекции результатов измерений, устройство для защиты от влияния внешних возмущающих воздействий и коррекции результатов измерений, система априорного анализа и подготовки к проведению измерений, система регистрации результатов измерений, система обработки и апостериорного анализа результатов измерений.

Система управления оптическим измерительным комплексом предназначена для управления и обеспечения подготовки к проведению измерений, регистрации и коррекции результатов при проведении измерений и обработки полученных результатов измерений после их завершения.

Оптическое интерференционное устройство для бесконтактного измерения малых пространственных перемещений поверхностей ОК

предназначено для бесконтактного измерения малых пространственных (линейных и угловых) перемещений поверхностей ОК.

Для предлагаемого комплекса разработан ряд устройств, позволяющих проводить измерения малого линейного перемещения [4], малых линейного и углового перемещений [5], малых линейных и всех угловых (пространственных) перемещений [6] поверхности ОК, которые могут быть использованы в составе стационарных и мобильных диагностических станций [7], использующих акустические активные методы контроля и диагностики состояния материалов. Устройства [4–7] научно обоснованы в процессе проведения расчетно-экспериментальных исследований их функциональных характеристик и при опытной эксплуатации [8–11].

Устройство для защиты от влияния внутренних возмущающих воздействий предназначено для регистрации влияния внутренних возмущающих воздействий на результаты измерений для их корректировки непосредственно в процессе проведения измерений. Устройство описано в работе [12], научно обосновано, а достигаемый с его помощью технический результат подтвержден при исследованиях [13] и опытной эксплуатации.

Устройство для защиты от влияния внешних возмущающих воздействий предназначено для регистрации влияния внешних возмущающих воздействий на результаты измерений для корректировки результатов измерений непосредственно в процессе их проведения [14].

Система априорного анализа и подготовки к проведению измерений предназначена для предварительного прогнозного моделирования зависимостей изменения малых перемещений поверхностей ОК для используемого активного акустического метода неразрушающего контроля и распределений интенсивности оптических полей интерференционных картин при проведении измерений.

Система регистрации результатов измерений предназначена для регистрации интенсивности оптического поля интерференционной картины в заданных областях при проведении измерений.

Система обработки и апостериорного анализа результатов измерений предназначена для обработки результатов измерений после их завершения и распознавания полученных результатов измерений с использованием результатов предварительного прогнозного моделирования зависимостей изменения малых перемещений поверхностей ОК для используемого активного акустического метода неразрушающего контроля, полученных при априорном анализе.

Программное обеспечение предлагаемого комплекса включает:

- программы для моделирования распределений интенсивности оптических полей интерференционных картин с учетом геометрических характеристик используемой измерительной схемы, вида поляризации и вида светоделителя;

- программы для моделирования зависимостей изменения малых перемещений поверхностей объектов контроля для используемого активного акустического метода неразрушающего контроля с учетом пространственно-временного распределения источников зондирующего воздействия, вида материала ОК, его физико-механических характеристик, видов упругих волн, распространяющихся в данном материале и особенностей возникающих волновых процессов;

- программы для регистрации и обработки интенсивности оптических полей с заданных областей интерференционной картины;

- программу для определения суммарной интенсивности оптического поля интерференционной картины и корректировки результатов измерений интенсивности;

- программу для корректировки результатов измерений от влияния внешних возмущающих воздействий.

Программы для моделирования распределений интенсивности оптических полей интерференционных картин разработаны на основе использования новых математических моделей [15].

Программы для моделирования зависимостей изменения малых перемещений поверхностей ОК построены на основе соотношений обобщенного метода скаляризации динамических упругих полей в трансверсально-изотропных средах [8–9, 11].

Выводы.

1. Разработан оптический измерительный комплекс, позволяющий решать измерительные задачи при исследовании физико-механических свойств новых материалов и в процессе диагностики их состояния акустическими активными методами неразрушающего контроля.

2. Использование предлагаемого комплекса позволяет повысить информативность и достоверность результатов измерений до 20–30 %, а также повысить качество результатов измерений до 20–40 %.

3. Для комплекса разработано специализированное программное обеспечение, позволяющее решать задачи при подготовке к проведению измерений, проведении измерений и обработке результатов измерений.

Работа поддержана Минобрнауки РФ (№ 9.9770.2017/БЧ) и РФФИ (№ 19-08-00365).

Литература. 1. Miroshnichenko, I. P. Novel Test Means and Techniques Based on Optical Interferometry and Acoustic Emission to Study Displacements of Object Surfaces and Damage of High-Temperature Superconductive Tapes and Related Composites / I. P. Miroshnichenko, I. A. Parinov, E. V. Rozhkov, A. G. Serkin, V. P. Sizov // *Piezoelectrics and Related Materials : Investigations and Applications*. – New York : Nova Science Publishers, 2012. – P. 239–282. **2.** Miroshnichenko, I. P. Novel Optical Means for Measurement of Displacements of Surfaces of the Control Objects at Diagnostics of Materials and Goods / I. P. Miroshnichenko, I. A. Parinov, E. V. Rozhkov, V. P. Sizov, V. A. Shevtsov // *Physics and Mechanics of New Materials and their Applications*. – New York : Nova Science Publishers, 2013. – P. 145–154. **3.** Мирошниченко, И. П. Усовершенствованная экспериментальная установка для исследования процессов дефектообразования в образцах конструкционных материалов / И. П. Мирошниченко, А. Г. Серкин // *Металлург*. – 2010. – № 3. – С. 68–69. **4.** Патент 2373492 РФ. Оптическое устройство для измерения перемещений / И. П. Мирошниченко, И. А. Паринов, Е. В. Рожков, А. Г. Серкин, 2009. **5.** Патент 2388994 РФ. Способ измерения линейных и угловых перемещений / И. П. Мирошниченко, А. Г. Серкин, В. П. Сизов, 2010. **6.** Патент 2606245 РФ. Способ измерения линейной и угловых составляющих малых перемещений поверхностей объектов контроля / И. П. Мирошниченко, И. А. Паринов, В. П. Сизов, 2017. **7.** Патент 2407988 РФ. Оптическое устройство для измерения перемещений / И. П. Мирошниченко, И. А. Паринов, Е. В. Рожков, А. Г. Серкин, 2010. **8.** Miroshnichenko, I. P. Mathematical Models, Program Software, Technical and Technological Solutions for Measurement of Displacements of the Control Object Surfaces by Laser Interferometer / I. P. Miroshnichenko, I. A. Parinov, E. V. Rozhkov, S.-H. Chang // *Advanced Materials Manufacturing, Physics, Mechanics and Applications. Springer Proceedings in Physics*, 175. – Switzerland : Springer International Publishing, 2016. – P. 341–356. **9.** Miroshnichenko, I. P. Novel Optical Interference Means to Measure Small Linear and Angular Displacements of Control Object Surfaces / I. P. Miroshnichenko, I. A. Parinov, J.-K. Wu, W.-L. Hong, M.-Y. Yeh // *Advanced Materials – Techniques, Physics, Mechanics and Applications. Springer Proceedings in Physics*, 193. – Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer Cham, 2017. – P. 591–605. **10.** Miroshnichenko, I. P. Scientific Ground of a New Optical Device for Contactless Measurement of the Small Spatial Displacements of Control Object Surfaces / I. P. Miroshnichenko, I. A. Parinov // *IOP Conference Series : Materials Science and Engineering*, Volume 209, 2017. **11.** Miroshnichenko, I. P. On Increasing Quality of Measurement Results at Testing State of Construction Materials / I. P. Miroshnichenko, I. A. Parinov // *Advances in Structural Inte-*

grity. Proceedings of SICE 2016. – Springer Singapore : Springer Nature Singapore, 2018. – P. 663–671. **12.** Патент 2343403 РФ. Способ регистрации перемещений оптическими датчиками / В. Е. Алехин, И. П. Мирошниченко, А. Г. Серкин, В. П. Сизов, 2009. **13.** Мирошниченко, И. П. Коррекция результатов измерений малых перемещений лазерными интерферометрами / И. П. Мирошниченко, А. Г. Серкин // Датчики и системы. – 2008. – № 3. – С. 28–30. **14.** Патент 2410642 РФ. Интерференционный измеритель малых перемещений / И. П. Мирошниченко, В. А. Нестеров, А. Г. Серкин, В. П. Сизов, В. А. Шевцов, 2011. **15.** Miroshnichenko, I. P. Definition of Stress-Strain State in Layered Cylindrical Constructions at Pulse Loading / I. P. Miroshnichenko // Advanced Materials – Techniques, Physics, Mechanics and Applications. Springer Proceedings in Physics, 193. – Heidelberg, New York, Dordrecht, London : Springer Cham, 2017. – P. 435–443.

Реквизиты для справок: *Россия, 344000, Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, 1, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», заведующему кафедрой «Основы конструирования машин» Мирошниченко И. П., тел. 8-909-403-64-32, E-mail: ipmir@rambler.ru.*

УДК 620.179.14

КОНТРОЛЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ ОБЪЕКТОВ ВИХРЕТОКОВЫМ МЕТОДОМ

А. Т. МАГУПЕРОВ

Одним из достоинств вихретоковых методов контроля, определяющих их широкое применение для решения задач неразрушающего контроля, является высокая информативность. Последнее обусловлено тем, что пространственно-временное распределение возбуждаемых в контролируемом электропроводящем объекте переменным магнитным полем вихревых токов (ВТ) зависит от размеров, формы, пространственного положения объекта в магнитном поле, а также от электромагнитных свойств материала объекта и особенностей его структуры. Поэтому измерением магнитного поля вихревых токов можно получить информацию о перечисленных выше геометрических, электрофизических и структурных параметрах объекта контроля.

Было проведено исследование влияния геометрических параметров локального электропроводящего объекта на результат измерений характеристик магнитного поля вихревых токов. Влияние на сигнал

ВТП основных геометрических и электромагнитных параметров объекта контроля наиболее полно может быть изучено путем физического моделирования взаимодействия гармонического магнитного поля с различными по форме и структуре металлическими предметами.

Нами использовались нестационарные по направлению магнитные поля, направление которых изменяется в процессе контроля относительно объекта. Наибольший эффект от использования нестационарных полей может быть получен при решении таких задач вихревого контроля, как идентификация электропроводящих объектов, определение местоположения и измерение перемещения электропроводящих объектов. За счет применения вместо стационарных нестационарных по направлению магнитных полей может быть получена дополнительная информация о форме и пространственной ориентации объекта контроля.

Для возбуждения магнитного поля нужной частоты и измерения вносимых напряжений ВТП, обусловленной продольной составляющей магнитного поля вихревых токов, использовалась измерительная установка. Измерительная установка содержала ВТП с гармоническим стационарным магнитным полем, характеризующимся высокой однородностью чувствительности и возможностью измерения продольной составляющей магнитного поля вихревых токов.

ВТП состоит из трех обмоток: две крайние обмотки служат для возбуждения магнитного поля, а измерительная обмотка находится между ними (рисунок 1). В центре установки расположена поворотная подставка, ось вращения которой лежит в плоскости измерительной обмотки. На подставку устанавливался объект контроля. Дискретность изменения угла α между продольной осью объекта контроля и направлением магнитного поля во всех случаях составляла 15° .

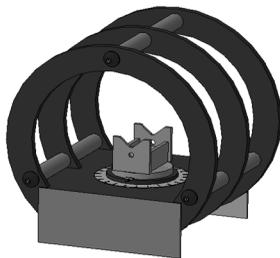


Рисунок 1 – Измерительная установка

В качестве физической модели тел вращения использовались короткий стальной цилиндр, стальной эллипсоид, стальной диск, дюра-

левое кольцо и их сочетания при сосной и несоосной ориентации. Частота тока возбуждения выбиралась равной 1кГц.

В процессе эксперимента изменялся угол между объектом контроля и направлением магнитного поля. По полученным результатам осуществлялось построение годографа вносимого напряжения от изменения ориентации объекта. На рисунке 2 показан годограф $U_{вн}$ от изменения ориентации в магнитном поле ВТП стального диска.

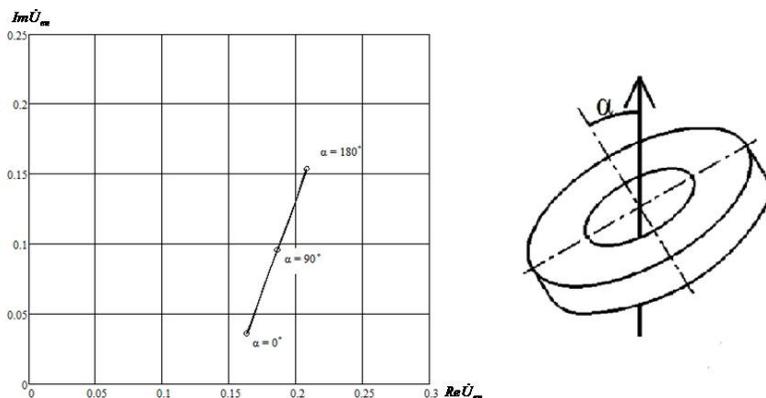


Рисунок 2 – Годографы $U_{вн}$ ВТП от вращения стального кольца

Анализ полученных результатов показывает, что годографы $U_{вн}$ от изменения ориентации относительно силовых линий магнитного поля ВТП для объектов, имеющих форму тел вращения и для составных объектов при соосной ориентации, представляют собой прямые линии, концы которых соответствуют продольной и поперечной ориентациям объекта в магнитном поле.

После эксперимента с телами вращения в качестве объекта контроля было выбрано несимметричное тело, а именно стальной цилиндр со стальной шайбой. Угол между этими двумя телами изменялся в пределах от 0 до 90 °.

Полученный годограф представлен на рисунке 3.

Годографы $U_{вн}$ от изменения ориентации несимметричных объектов представляют собой замкнутые кривые, имеющие форму эллипсов. Анализ геометрических размеров эллипсов показывает, что чем больше объект имеет форму отличную от симметрии, тем больше соотношение его осей.

Использование нестационарных магнитных полей позволяет контролировать соосность соединяемых деталей. Данный метод контроля может использоваться для контроля углов ориентации тел (например, при сборочных операциях), а также для идентификации объектов.

Программное обеспечение системы вихретокового контроля написано с использованием пакета программ LabView.

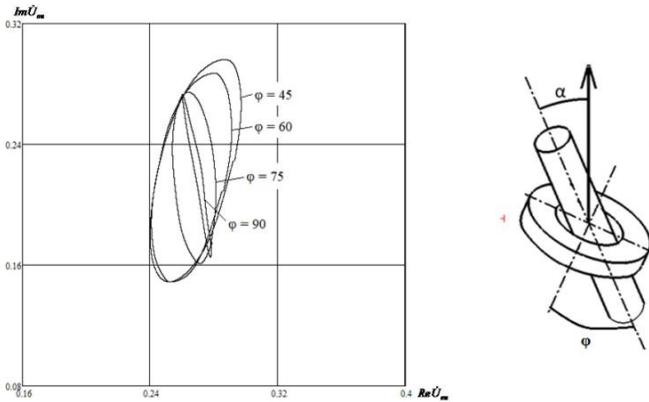


Рисунок 3 – Годограф $U_{вн}$ ВТП от вращения в плоскости несимметричного объекта

Интерфейс программы (рисунок 4) содержит комплексную плоскость для графического отображения результатов измерения, панели цифрового отображения текущих значений действительной и мнимой комплексных составляющих, амплитуд и фаз относительных вносимых напряжений, кнопку «Save», для записи текущих значений $Re \dot{U}_{вн}$ и $Im \dot{U}_{вн}$, поле «deltaPhase» для задания начального фазового сдвига вносимого напряжения, а также кнопку «Write», для остановки программы и сохранения в файл результатов измерений.

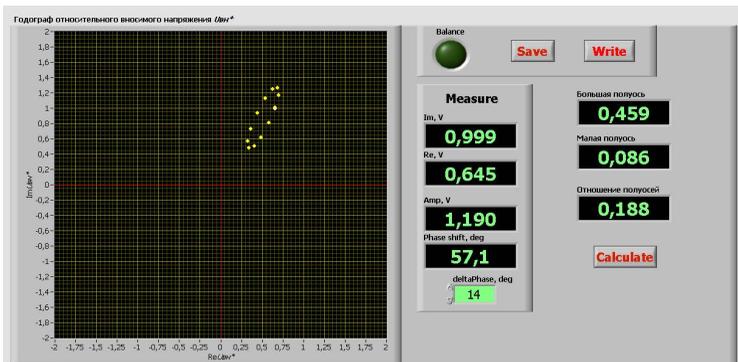


Рисунок 4 – Интерфейс программы измерений, написанной в пакете программ LabView

Также программа содержит кнопку «Calculate», по команде которой осуществляется вычисление малой и большой полуоси эллипса, полученного на комплексной плоскости. Две панели отображают размеры полуосей. Третья панель показывает отношение малой полуоси к большой.

Литература. 1. Неразрушающий контроль. Справочник. Вихре-токовый контроль / под ред. В. В. Клюева. – М. : Машиностроение. – 2003. – 688 с. **2.** Гольдштейн, А. Е. Использование нестационарных по направлению магнитных полей для идентификации локальных электропроводящих объектов / А. Е. Гольдштейн, В. К. Жуков // Томск : Печатная мануфактура. – 2002. – 139 с. **3.** Герасимов, В. Г. Электромагнитный контроль однослойных и многослойных изделий / В. Г. Герасимов. – М. : Энергия. – 1972. – 152 с.

Реквизиты для справок: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, магистранту, Мазуперову А. Т., тел. +79969385034. E-mail: adilbek445@gmail.com.

УДК 658.562.47:621.315.3.002

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРОВОДА ПРИ ЕГО ПРОИЗВОДСТВЕ

С. С. БЕРДАЛИНОВ, Г. В. ВАВИЛОВА

Производство кабельных изделий и проводов является перспективной и ключевой областью кабельной промышленности. Разнообразие кабельных изделий и проводов очень большое. Главным критерием при производстве кабельных изделий и проводов является высокое качество выходного продукта.

Цель работы – исследование основных параметров электрического провода, подлежащих контролю в технологическом процессе и выявление наиболее перспективных методов контроля.

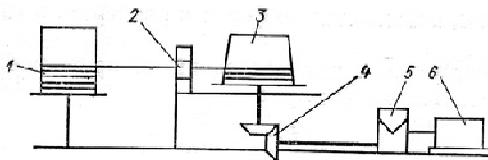
Технологический процесс изготовления проводов.

Технологический процесс изготовления проводов включает этапы волочения, скрутки, экструзии.

Волочение – это процесс обработки металлических заготовок, прутков путем протягивания через плавное сужающееся отверстие волоки. Все волочильные технологические операции производятся на специальных машинах, оборудованных волокой – «глазком» (рисунок 1).

Скрутка – это объединение отдельных проволок, жил, пучков путем вращения по винтовым линиям вокруг центральных элементов.

Экструзия – это процесс непрерывного выдавливания вязкого расплава материала или густой пасты через формующее отверстие [1].

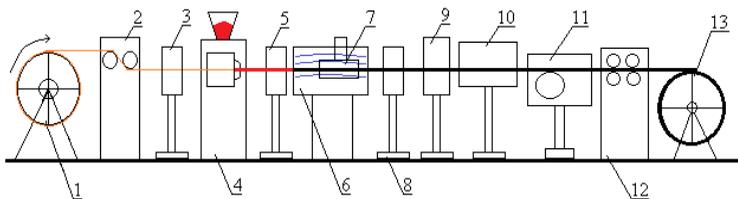


1 – вертушка; 2 – волока; 3 – барабан; 4 – зубная передача; 5 – редуктор;
6 – электродвигатель

Рисунок 1 – Структура волоочильного стана

Контроль параметров провода в технологической линии.

Для определения качества проводов существуют государственные стандарты и технические условия предприятий [2, 3]. В виду непрерывности технологического процесса изготовления кабельных изделий требуется непрерывный контроль параметров кабеля в реальном времени для оперативного вмешательства при обнаружении брака. Структурная схема технологической линии провода показана на рисунке 2 [4, 5].



1 – отдающий барабан; 2 – выравнивающее устройство;
3, 5, 8 – измерители диаметра; 4 – экструдер; 6 – охлаждающая ванна;
7 – измеритель электрической емкости; 9 – измеритель эксцентриситета;
10 – электроискровой дефектоскоп; 11 – измеритель длины;
12 – тяговое устройство; 13 – принимающий барабан

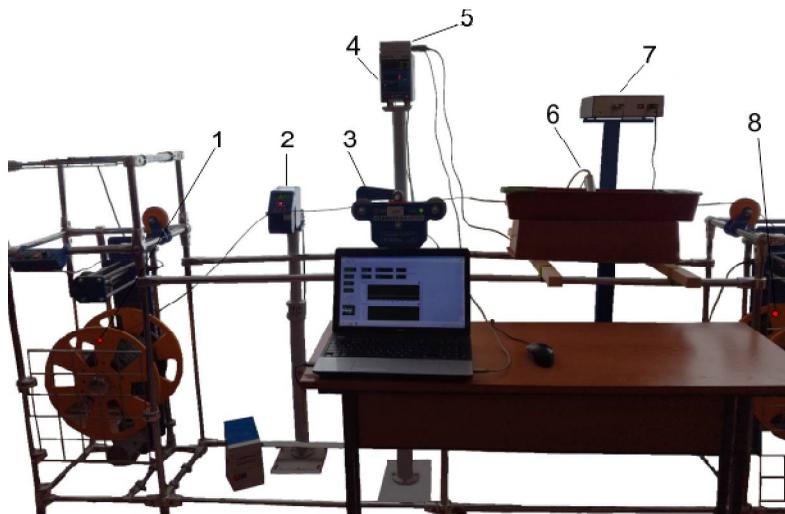
Рисунок 2 – Технологическая линия контроля параметров провода

Имитационная модель контроля параметров провода в технологической линии.

Для проведения научных экспериментов по контролю геометрических и электрических параметров провода была собрана имитационная модель технологической линии производства.

Имитационная модель процесса технологического контроля параметров провода подразумевает упрощенное воспроизведение технологической линии. Для контроля параметров в технологической линии

применяются измеритель диаметра, измеритель погонной емкости, измеритель длины и скорости провода. На рисунке 3 показана имитационная модель для проведения экспериментов.



- 1 – отдающий барабан; 2 – измеритель диаметра «Цикада-2.7»;
 3 – метражное устройство измерителя длины «Дельта-2.4»;
 4 – электронный счетчик измерителя длины «Дельта-2.4»;
 5 – АЦП «USB3000»; 6 – электроемкостной измерительный преобразователь «САР-10»; 7 – амплитудно-фазовый детектор;
 8 – принимающий барабан

Рисунок 3 – Имитационная модель для проведения экспериментов

Контроль геометрических параметров и выявление дефектов с помощью имитационной модели.

В качестве объекта в работе выбран одножильный медный провод ПВЗ-1х1,5 с ПВХ-изоляцией. В таблице 1 приводятся действительные и измеренные с помощью имитационной модели значения геометрических параметров провода ПВЗ-1х1,5.

Таблица 1 – Геометрические параметры провода ПВЗ-1х1,5

	Диаметр жилы	Диаметр провода	Толщина изоляции
Действительное значение, мм	1,631	2,933	0,651
Измеренное значение, мм	1,62	2,93	0,66
Относительная погрешность «Цикада-2.7»	0,67 %	0,1 %	1,38 %

В таблице 2 приводятся действительное определенное гостовским методом [6] и измеренное значение погонной емкости провода ПВЗ-1х1,5.

Таблица 2 – Значения погонной емкости провода ПВЗ-1х1,5

	Погонная емкость пФ/м
Действительное значение	377,617
Измеренное значение	378,6
Относительная погрешность «САР-10»	0,26 %

Теоретическое значение погонной электрической емкости определено по формуле:

$$C = \frac{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot L}{\ln\left(\frac{D}{d}\right)} \quad (1)$$

где ε – диэлектрическая проницаемость изоляционного материала, 4; ε_0 – электрическая постоянная, $8,86 \cdot 10^{-12}$ Ф/м; L – длина провода, м; D , d – диаметры изоляции и жилы соответственно, мм [2].

Расчетное значение погонной емкости равно 375,8 пФ/м.

В данной работе были проведены эксперименты по обнаружение дефектов изоляции провода, с помощью измерителя емкости «САР-10».

На рисунке 4 показан дефект на проводе ПВЗ (утонение изоляции) сформированный искусственно.



Рисунок 4 – Утонение изоляции

На рисунке 5 показаны графики изменения погонной емкости при прохождении провода ПВЗ с дефектом через измерительный преобразователь «САР-10». По полученным значениям погонной емкости можно сделать вывод, что измеритель емкости «САР-10» позволяет обнаруживать несквозные дефекты изоляции. При прохождении дефектного участка через «САР-10», значение емкость провода резко изменяется (в десятки раз), что фиксируется на индикаторе прибора. Подобная функция «САР-10» позволяет сигнализировать оператору

технологическое линии о необходимости корректировки процесса производства провода.

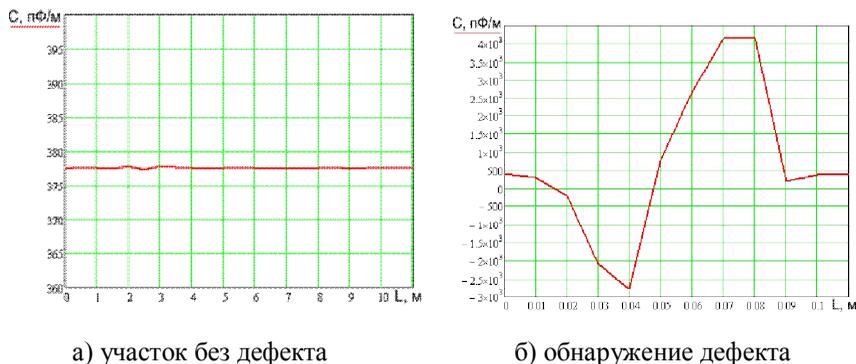


Рисунок 5 – Графики изменения погонной емкости провода ПВЗ

Литература. 1. Производство кабелей и проводов : учебник / под ред. : Н. И. Белоруссова, И. Б. Пешкова. – Москва : Энергоиздат, 1981. – 632 с. **2.** Вавилова, Г. В. Разработка методов и средств контроля погонной емкости одножильного электрического провода в процессе производства : дисс... / Г. В. Вавилова. – Томск : Изд-во ТПУ, 2016. – 140 с. **3.** Глушук, П. С. Система контроля качества производства кабельных изделий / П. С. Глушук // Известия Томского политехнического университета (ТПУ). – 2004. – Т. 307. – №3. – С. 118–121. **4.** Редько, В. В. Методы и средства контроля в кабельной промышленности : метод. указания / В. В. Редько, Е. М. Федоров ; (ТПУ). – Томск : Изд-во ТПУ, 2008 – 118 с. **5.** Фёдоров, Е. М. Технологический контроль диаметра и эксцентricности электрического кабеля в процессе производства : автореферат / Е. М. Фёдоров. – Томск : Изд-во ТПУ, 2010 – 19 с. **6.** ГОСТ 27893–88 Кабели связи. Методы испытаний. [Электронный ресурс] – Введ. 1990.01.01. – с изменен. 2018.09.12. – Режим доступа : URL : <http://internet-law.ru/gosts/gost/11797/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.

Реквизиты для справок: Россия, 634028, Томск, ул. Савиных, д. 7, Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности, магистрант Бердалинов С. E-mail: Sayan59@mail.ru.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАКЕТА ПРИБОРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ГЕНЕРАТОРА ХАОСА

Д. В. ГОРЕНКОВ, Е. М. ПАТРУШЕВ, Т. В. ПАТРУШЕВА

При измерении скорости доплеровским датчиком нередки случаи, когда принимаемый сигнал ощутимо слаб или подвержен воздействию нестационарных аддитивных помех, значительно изменяющихся по уровню мощности. Процесс определения доплеровской частоты, лежащей в основе измерения, при этом достаточно затруднителен, поскольку необходимо использование большого количества сложных электронных блоков. Данная проблема требует поиска новых способов обработки измерительного сигнала, в частности, нелинейных.

Характерным свойством хаотического обнаружителя является то, что его выходной сигнал зависит от установившегося режима колебаний системы, следовательно, мощность входной помехи не оказывает на него существенного влияния. В соответствии с этим обосновано использование функционального преобразования принятого сигнала генератором хаоса [1]. Способность генераторов хаоса к обнаружению сигналов на фоне нестационарных помех подтверждаются ранее проведёнными исследованиями [2].

На вход хаотического обнаружителя подаётся полученный сигнал, представляющий собой аддитивную смесь полезного сигнала и шумовой помехи. Для получения информации о слабом сигнале параметры системы должны быть подобраны таким образом, чтобы система была максимально приближена к критическому состоянию, при котором происходит бифуркационный переход системы от хаотического движения к периодическому [3]. Под воздействием полезного сигнала характер устойчивости движения в системе изменяется таким образом, что движение изображающей точки в фазовом пространстве системы синхронизируется с периодическим полезным сигналом. Из этого следует, что характер движения системы будет приближен к периодическому при появлении на входе полезного сигнала, и к хаотическому при его отсутствии.

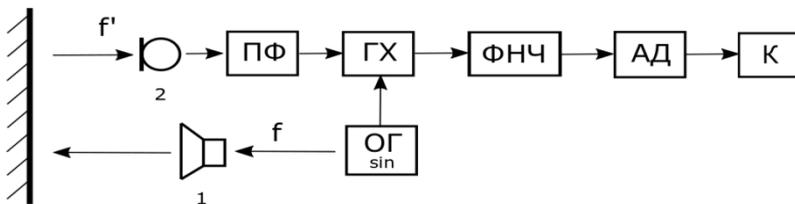
В качестве генератора хаоса используется наиболее простая в реализации электрическая цепь Murali-Laksmanan-Chua (MLC) [4]. Данная хаотическая система является неавтономной и требует собственный опорный генератор с частотой, синхронизированной с частотой полезного сигнала.

Полученный на выходе МЛС-цепи сигнал обрабатывается фильтром нижних частот. Спектр сигнала при периодическом режиме работы системы включает в себя только основную частоту колебаний и нечётные гармоники, в то время как при хаотическом режиме работы спектр содержит большое количество низкочастотных составляющих, пропускаемых фильтром [3].

Выделенные с помощью ФНЧ низкочастотные составляющие поступают на вход амплитудного детектора (АД) для выделения огибающей. Далее сигнал подаётся на вход порогового устройства, работающего по типу компаратора и осуществляющего сравнение сигнала с некоторым пороговым значением.

Таким образом, принципиальная электрическая схема обнаружителя периодических сигналов включает в себя: генератор хаоса, фильтр нижних частот, амплитудный детектор и пороговое устройство, работающее по типу компаратора. Выходной сигнал будет представлять собой прямоугольные импульсы. Логическому «нулю» будет соответствовать периодический режим работы системы, а логической «единице» - хаотический.

Далее рассмотрим план экспериментального исследования устройства и описание экспериментальной установки. На рисунке 1 изображена структурная схема устройства для измерения скорости движения мобильного робота.



- 1 – излучатель (динамик); 2 – приёмник (микрофон); ОГ – опорный генератор; ПФ – предварительный фильтр; ГХ – генератор хаоса; ФНЧ – фильтр нижних частот; АД – амплитудный детектор; К – компаратор (пороговое устройство)

Рисунок 1 – Структурная схема экспериментальной установки

На рисунке 2 изображена экспериментальная установка для измерения скорости движения мобильного робота.

К исследуемому объекту (машинке) прикрепляется беспроводное акустическое устройство (Bluetooth-колонка), воспроизводящее

звуковой сигнал с частотой 10 кГц. Объект движется в сторону стены с некоторой скоростью. Отражённый от стены сигнал фиксируется приёмником и в дальнейшем исследуется при прохождении через электрическую схему обнаружителя.

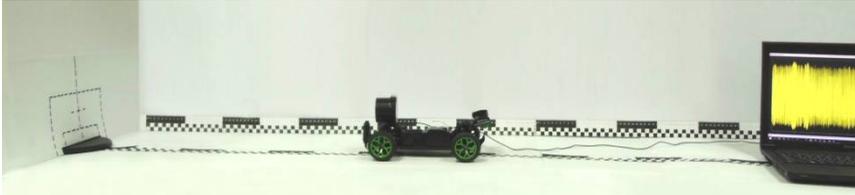


Рисунок 2 – Внешний вид экспериментальной установки

На рисунках 3–6 изображены временные зависимости, полученные при прохождении полученного в ходе эксперимента сигнала через электрическую схему.

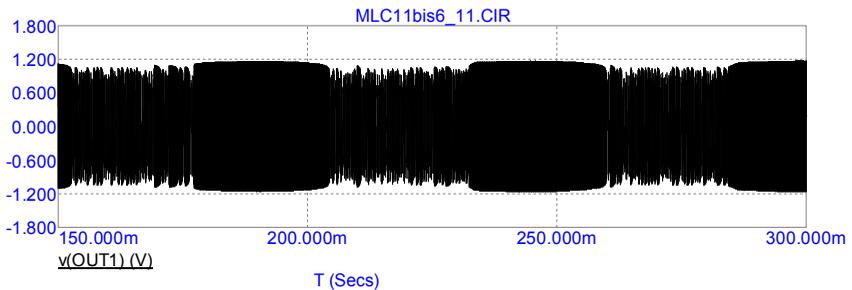


Рисунок 3 – Временная зависимость на выходе генератора хаоса

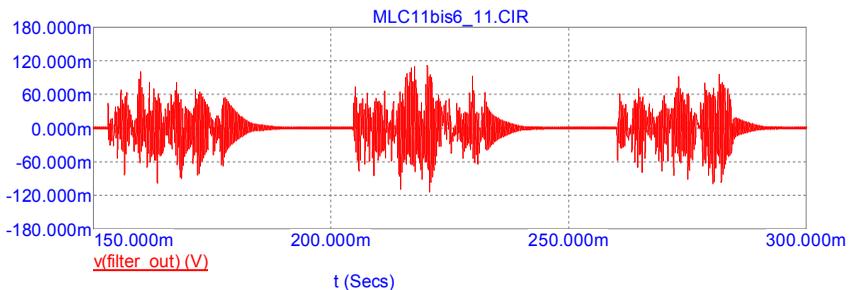


Рисунок 4 – Временная зависимость на выходе фильтра нижних частот (слабому сигналу соответствует периодический режим работы динамической системы)

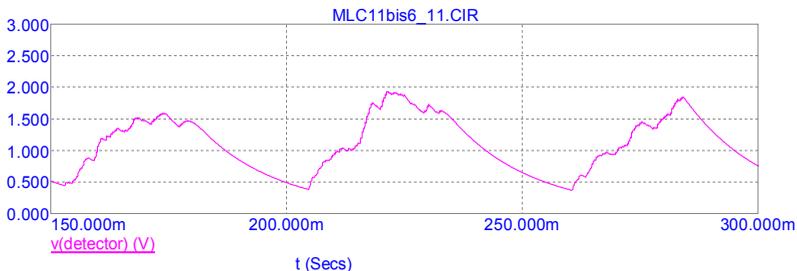


Рисунок 5 – Временная зависимость на выходе амплитудного детектора – огибающая сигнала на выходе фильтра нижних частот

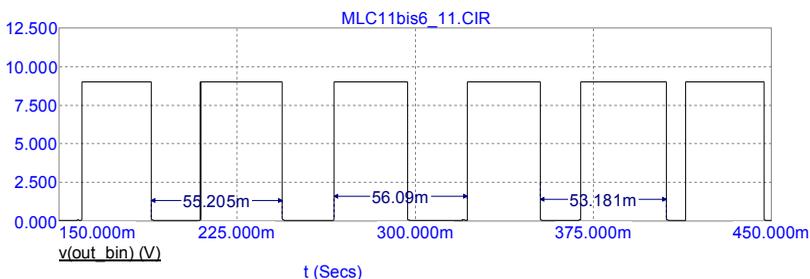


Рисунок 6 – Временная зависимость на выходе компаратора (порогового устройства). На графике указано несколько значений периода прямоугольных импульсов

В ходе эксперимента получены значения периода чередования хаотического и периодического режимов колебаний, показанные на рисунке 6: $T_1 = 55,205$ мс, $T_2 = 56,09$ мс и $T_1 = 53,181$ мс.

Исследуя периодичность чередования прямоугольных импульсов, можно определить скорость движения объекта.

Частоты излучаемой и отражённой волн по эффекту Доплера соотносятся друг с другом в соответствии с выражением:

$$f' = f \left(1 + \frac{2v \cos \theta}{c} \right),$$

где f – частота излучаемой волны; f' – частота отражённой волны, $c = 340$ м/с – скорость звука в воздухе; θ – угол между направлением излучаемого и отражённого сигналов.

В данном эксперименте объект движется к стене перпендикулярно, поэтому $\theta = 0$ и $\cos \theta = 1$.

Выразим f' через f . Период чередования режимов работы динамической системы: $T = \frac{1}{f-f'}$. Отсюда $f' = f + \frac{1}{T}$. Окончательное выражение для расчёта скорости движения объекта:

$$v_1 = \frac{c \cdot (f' - f)}{2f} = \frac{c \cdot \frac{1}{T_1}}{2 \cdot f} = \frac{340 \cdot \frac{1}{55,205 \cdot 10^{-3}}}{2 \cdot 10 \cdot 10^3} = \frac{340}{1104} \approx 0,308 \text{ м/с.}$$

Для T_2 и T_3 соответственно: $v_2 \approx 0,302 \text{ м/с}$, $v_3 \approx 0,32 \text{ м/с}$.

Проведённое экспериментальное исследование подтверждает возможность определения скорости с использованием генератора хаоса в качестве обнаружителя слабых сигналов на фоне нестационарных помех.

На основании полученных данных рассчитано значение скорости объекта, которое получилось приблизительно равным 0,31 м/с. Представленная экспериментальная установка позволяет измерять скорости до 1,5 м/с с относительной погрешностью 2 % при частоте ультразвуковых колебаний 10 кГц.

Литература. 1. Горенков, Д. В. Функциональное преобразование измерительного сигнала в доплеровском датчике на основе генераторов детерминированного хаоса / Д. В. Горенков, Е. М. Патрушев, Т. В. Патрушева // Ползуновский альманах. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2018. – № 4. – С. 13–16. 2. Патрушева, Т. В. Random signals detector based on synchronous chaotic oscillators / Т. В. Патрушева, Е. М. Патрушев, В. Н. Седалищев // Ползуновский альманах. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2014. – № 1. – С. 26–29. 3. Горенков, Д. В. К вопросу об использовании хаотической динамической системы в ультразвуковом измерителе скорости / Д. В. Горенков, Е. М. Патрушев, Т. В. Патрушева // Ползуновский альманах. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2017. – № 4. – Том 3. – С. 38–40. 4. Murali, K. Bifurcation and chaos in the simplest dissipative nonautonomous circuit / K. Murali, M. Lakshmanan, L. O. Chua // Int. J. Bifurcation and Chaos 4. – 1994. – P. 1511–1524. 5. Наздрюхин, И. С. Детектор состояния в обнаружителе слабых периодических сигналов на основе генератора хаоса / Т. В. Патрушева, Е. М. Патрушев, И. С. Наздрюхин // Ползуновский альманах. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2016. – № 2. – С. 11–13.

Реквизиты для справок: Горенков Дмитрий Вячеславович – студент АлтГТУ. E-mail: gorenkov_dmitry@inbox.ru; Патрушев Егор Михайлович – к.т.н., доцент, тел. (3852)-290913. E-mail: attractor13@gmail.com; Татьяна Васильевна Патрушева – старший преподаватель, тел. (3852)-290913. E-mail: attractor@list.ru.

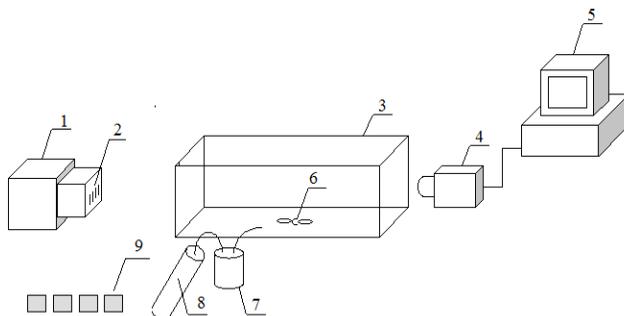
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ КОНТРАСТА В ИЗОБРАЖЕНИИ ПАРНЫХ ШТРИХОВ ОТ ОБЪЕМНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ В РАЗЛИЧНЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ДИАПАЗОНАХ

Н. С. СЛЕПЦОВ, Е. С. КОНОНОВА, С. П. ПРОНИН

Взвешенным частицам в атмосферном воздухе городов уделяют большое внимание, потому что они представляют угрозу здоровью населения, почве, зданиям, сооружениям, оборудованию, объектам ЖКХ [1–3]. Для контроля содержания в воздухе мелкодисперсных частиц применяют различные методы и средства [4]. Перспективным методом является оптический метод, основанный на оценке массовой концентрации мелкодисперсных частиц по контрасту в оптическом изображении парных штрихов с помощью видеокамеры [5]. Ограничения исследований, опубликованных в указанной статье, заключаются в применении пассивного источника света в виде светлых штрихов на черном фоне и естественного полихроматического света.

Цель работы: исследовать изменения контраста в изображении парных штрихов с активным источником излучения в различных спектральных диапазонах в зависимости от концентрации взвешенных частиц в атмосферном воздухе.

На рисунке 1 представлена структурная схема экспериментальной установки, на которой были проведены исследования.



- 1 – осветитель на светодиодах; 2 – прорези, представляющие три парных штриха с различными размерами; 3 – стеклянная камера; 4 – видеокамера; 5 – персональный компьютер; 6 – вентилятор; 7 – генератор дыма; 8 – насос; 9 – светофильтры

Рисунок 1 – Структурная схема экспериментальной установки

Осветитель на светодиодах 1 совместно с прорезями 2 представляет собой активный источник света. В стеклянной камере 3 с помощью насоса 8 и генератора дыма 7 осуществляется моделирование объемной концентрации мелкодисперсных частиц. В левый шланг от носительно генератора производится закачивание определенного объема воздуха. К правому шлангу присоединена зажженная сигарета, которая обеспечивает генерацию дыма, представляющего мелкодисперсные частицы. Генератор дыма выполнен в виде стеклянной банки. Банка плотно закрывается полиэтиленовой крышкой. В полиэтиленовой крышке расположены отверстия для шланга, идущего от насоса, и шланга, идущего в стеклянную камеру. С помощью видеокамеры 4 выполняли фиксацию изображения парных штрихов. Запись полученного изображения осуществляли в компьютере 5. Для исследований изменения контраста в изображениях в различных спектральных диапазонах использовали четыре светофильтра 9: нейтральный НС-13; красный КС-13; желто-зеленые – ЖЗС-1+ ЖЗС-9; синий СС-15.

Проведение экспериментов. При выполнении экспериментов подключали осветитель к розетке 220 В и устанавливали один из четырех светофильтров. При установленном свето фильтре фиксировали изображение с помощью видеокамеры. Эту процедуру выполняли с каждым свето фильтром. После фиксации изображения при отсутствии мелкодисперсных частиц в стеклянной камере производили закачку дыма и повторяли процедуру со сменой светофильтров. В процессе исследований было проведено 13 серий записи изображений при различном объеме дыма. Каждая серия включала по 4 изображения согласно четырем светофильтрам. В итоге получили 52 изображения с разным контрастом. Поскольку тест-объект содержит 3 парных штриха, то общее количество анализируемых изображения составило 156 шт.

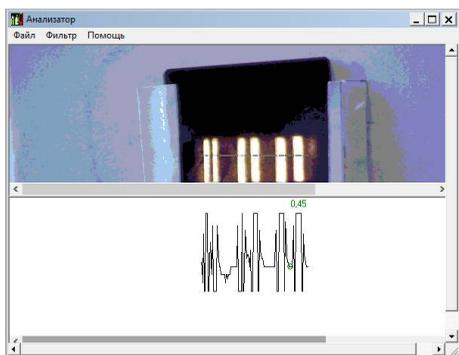


Рисунок 2 – Пользовательский интерфейс программы «Анализатор» с выделенным минимальным значением сигнала в крайней правой паре штрихов

Обработку изображений выполняли с помощью программы «Анализатор». Поскольку программа работает только с форматом bmp, то изображения в формате jpg преобразовывали в формат bmp. Далее изображение загружали в программу и выделяли парные штрихи тонкой линией. На рисунке 2 показан интерфейс пользователя этой программы. Программа позволяет выделить максимальные и минимальные значения сигналов и вывести на экран их числовые значения и записать данные в Excel. Далее вычисляли контраст по известной формуле:

$$K = \frac{S_{max} - S_{min}}{S_{max} + S_{min}},$$

где S_{max} , S_{min} – максимальное и минимальное значения сигналов соответственно.

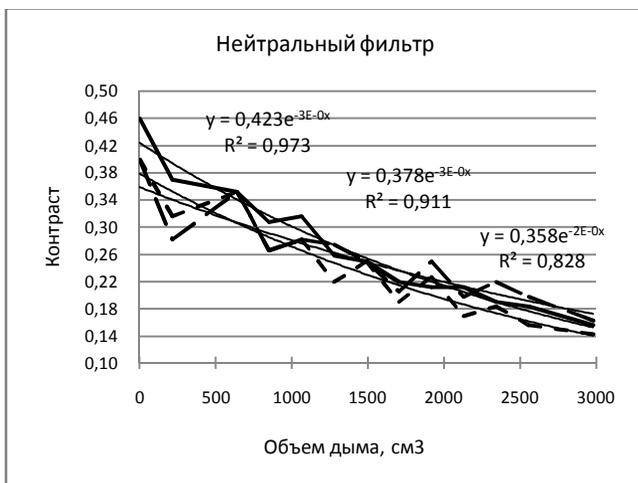


Рисунок 3 – Зависимость изменения контраста в изображении светлых штрихов от объемной концентрации мелкодисперсных частиц при нейтральном фильтре: сплошная линия на графике – светлые штрихи с малыми размерами; линия с частыми пунктирами на графике – светлые штрихи со средними размерами; линия с крупными пунктирами на графике – светлые штрихи с большими размерами

На рисунке 3 показан результат экспериментальных исследований в виде графиков при использовании нейтрального фильтра. С помощью встроенных функций в Excel выполняли аппроксимацию экспериментальных данных. Путем поиска максимального коэффициента детерминации была определена аппроксимирующая функция – экспонента. Данный факт не противоречит фундаментальному закону Ламберта-Бугера-Бера. Согласно этому закону ослабление светового пучка, проходящего в поглощающей среде, выражается экспоненциальной

функцией. Самый высокий коэффициент детерминации ($R^2 = 0,9737$) наблюдается у штрихов с малыми размерами, а самый низкий – у штрихов с большими размерами. Во-вторых, как показывает экспоненциальное уравнение, у малых штрихов наблюдается и большая чувствительность изменения контраста при изменении объемной концентрации мелкодисперсных частиц.

На рисунке 4 показан результат экспериментальных исследований при использовании красного фильтра. На графике отражен результат только для светлых штрихов с малыми размерами. Штрихи с другими размерами имеют более низкий коэффициент детерминации. Тем не менее, в этом эксперименте по сравнению с нейтральным фильтром наблюдается и меньший коэффициент детерминации ($R^2 = 0,9168$), и меньшая чувствительность.

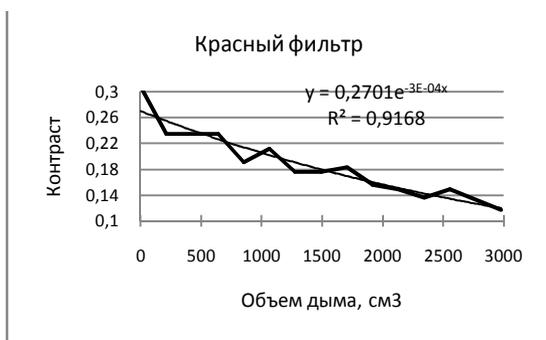


Рисунок 4 – Зависимость изменения контраста в изображении светлых штрихов от объемной концентрации мелкодисперсных частиц при красном фильтре

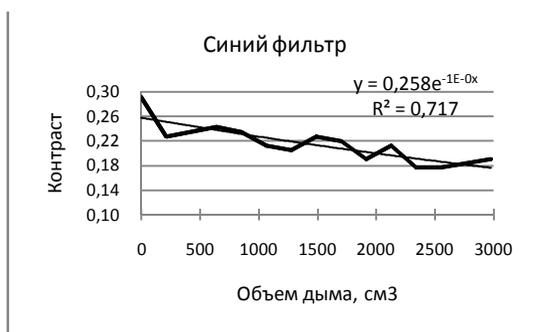


Рисунок 5 – Зависимость изменения контраста в изображении светлых штрихов от объемной концентрации мелкодисперсных частиц при синем фильтре

На рисунке 5 показан результат экспериментальных исследований при использовании синего фильтра. На графике отражен результат только для светлых штрихов с малыми размерами. Аналогично предыдущему графику штрихи с другими размерами имеют более низкий коэффициент детерминации, поэтому они были отвергнуты из дальнейшего анализа. Как видно из рисунка 5, при синем фильтре коэффициент детерминации еще больше падает по сравнению с нейтральным и красным фильтрами, а вместе с ним уменьшается и диапазон изменения контраста в заданном диапазоне изменения объема дыма, что характеризует уменьшение чувствительности.

Выводы. В представленной работе исследованы изменения контраста в изображении парных штрихов с активным источником излучения в различных спектральных диапазонах в зависимости от объемной концентрации взвешенных частиц в атмосферном воздухе. Установлено, что исследованная зависимость носит экспоненциальный характер, что согласуется с фундаментальным законом Ламберта-Бугера-Бера и ранее выполненными исследованиями с пассивным источником света. Самый высокий коэффициент детерминации получен при использовании нейтрального фильтра. Выделение отдельных RGB-компонент в источнике света приводит к уменьшению чувствительности изменения контраста от изменения объемной концентрации мелкодисперсных частиц. Поэтому целесообразно применять искусственный полихроматический источник света.

Литература. 1. Влияние мелкодисперсной пыли на биосферу и человека / С. З. Колаева [и др.] // Известия ТулГУ. Науки о Земле. – 20016. – Вып. 3. – С. 40–45. 2. Исследование содержания мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе вблизи автомобильных дорог / Т. С. Уланова [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2016. – № 4. – С. 38–45. 3. Трескова, Ю. В. Оценка степени опасности мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе и целесообразность их нормирования / Ю. В. Трескова // Молодой ученый. – 2016. – № 7. – С. 291–294. – URL <http://moluch.ru/archive/111/27390/>. 4. Кононова, Е. С. Обзор современных технических средств измерения и контроля взвешенных частиц в атмосферном воздухе / Е. С. Кононова, С. П. Пронин // Ползуновский альманах. – 2017. – №4. – Т. 3. – С. 77–80. 5. Кононова, Е. С. Лабораторные исследования зависимости изменения контраста в изображении тест-объекта от массовой концентрации взвешенных частиц / Е. С. Кононова, С. П. Пронин ; под ред. Л. И. Сучковой // В сборнике : измерение, контроль, информатизация: материалы XIX международной научно-технической конференции. – Т 1. – 2018. – С. 19–23.

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», кафедра ИТ, д.т.н., профессор, Пронин С. П., тел. (385-2) 29-09-13. E-mail:spronin@mail.ru.*

**МЕТОДИКА АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЯ
КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ЕГО ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВАМИ ПРОГРАММНОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

**Е. С. МИШЕНИНА, А. Г. ЗРЮМОВА, П. А. ЗРЮМОВ,
Е. С. АНАНЬЕВА**

Исследования в области нанокomпозиционных материалов стали неотъемлемой частью материаловедения в целом. Современные исследования в данной области позволяют получить новые виды пластмасс с уникальными эксплуатационными характеристиками. На данный момент актуальной задачей становится автоматизация процесса определения характеристик композиционного материала.

Для анализа структуры материала нанокomпозитов средствами программного обеспечения, используется метод обработки снимков, полученных с помощью электронной микроскопии, основанный на изменении яркости изображения [1].

Целью работы является разработка алгоритма обработки изображений композиционных материалов, полученных с помощью электронного микроскопа, для определения характеристик.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ исследуемых композиционных материалов;
- выделить основные параметры для анализа изображения композиционного материала;
- провести анализ микроскопических снимков, на предмет зависимости яркости изображения снимка от структуры нанокomпозита;
- разработать алгоритм для анализа изображений композиционных материалов.

Композиционные материалы представляют собой структуры сложного состава, которые получают путем сочетания различных по своим свойствам компонентов с границей раздела между ними. Наполненные компоненты (матрицы) содержат полимеры, частицы которых проявляют фрактальные свойства, следовательно, для них характерно самоподобие структур.

Анализ свойств нанополимеров и процесс их изучения базируется на методах физики фракталов, а также принципах мультифрактального формализма [2]. Для определения фрактальной размерности используется метод Минковского. Для определения геометрической

сложности нанокompозита проводится анализ фрактальной размерности множества в метрическом пространстве. Фрактальную размерность n -мерного множества по методу Минковского можно определить с помощью формулы:

$$D = -\lim_{\varepsilon \rightarrow \infty} \left(\frac{\ln(N_\varepsilon)}{\ln(\varepsilon)} \right)$$

где D – размерность; N_ε – минимальное число множеств диаметра ε , которыми можно покрыть исходное множество; ε – радиус «шаров» необходимых для покрытия множества.

Спектр размерности Ренье, который характеризует распределение точек в области, можно определить с помощью формулы:

$$d_q = \frac{\tau(q)}{q - 1},$$

где

$$\tau(q) = \lim_{\varepsilon \rightarrow \infty} \frac{\ln Z(q, \varepsilon)}{\ln \varepsilon}$$

При расчете нулевой, первой и второй размерности, установлено, если спектр размерности Ренье не изменяется, то рассматриваемое множество точек представляет собой регулярный фрактал [5].

В результате экспериментов проводимых для оценки фрактальной структуры эпоксидного компаунда с керамическим наполнителем по микроскопическим снимкам было установлено:

- компоненты материала имеют различную яркость;
- изменение состава материала отражается на яркости [5].

В качестве образца используется участок сканированного изображения композита из эпоксидной смолы и ультрадисперсного алмаза, полученный в результате горячего отверждения, при нормальных условиях протекания реакции.

Алгоритм обработки изображения строится на основе изменении яркости в изображении и был.

Для реализации алгоритма выбрана среда разработки Microsoft Visual Studio с использованием языка программирования C# [4].

Полученное в лаборатории изображение нанокompозита в формате *.png с помощью электронной микроскопии необходимо обработать (обрезать рамку) в редакторе изображений, с сохранением формата и расширения снимка загрузить в программу для начала анализа.

Снимки, полученные в лаборатории, имеют серые тона и сделаны с соблюдением всех требований, следовательно, шумы на изображе-

нии отсутствуют. По этой причине, фильтрация на устранение шума в изображениях не требуется.

Загруженное изображение разделяется на пиксели, проводится фильтрация матрицей Лапласа, для выделения границ перехода значений яркости [3]. В основе метода лежит вычисление симметричных круговых производных. Края формируются из множества пикселей. В данных пикселях оператор Лапласа принимает нулевое значение в соответствии со значением второй производной функцией Лапласа, позволяющей выделить экстремальные перепады интенсивности цвета на краях в изображении по его радиусу.

По обработанному изображению фильтром Лапласа, определяется оптимальный порог бинаризации по методу Оцу (рисунок 1).

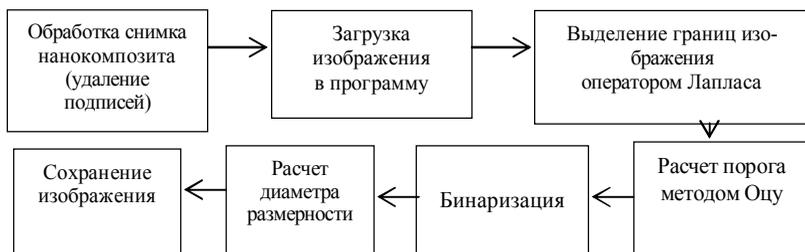


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма обработки изображения композиционного материала для определения его характеристик

Проводится бинаризация изображения с вычисленным порогом. Бинаризация позволяет получить черно-белое изображение. Метод Оцу выделяет границу между белым и чёрным цветом. Это позволяет разделить изображение на светлые объекты (foreground) и некоторый фон (background) соответственно. Foreground формирует фон пикселей, яркость которых выше, чем совокупность просто пикселей background. Таким образом, методом Оцу выделяются белые области на изображении.

Бинарное изображение подвергается анализу. Полученные на изображении белые области оператор выделяет кликом мышки, программное обеспечение вычисляет диаметр данной области в мм, данный параметр является диаметром размерности.

Эти данные передаются специалисту лаборатории, которой анализирует параметры и делает вывод о соответствующих свойствах данного композита. Полученное после бинаризации изображение можно сохранить для дальнейших исследований (рисунок 2).

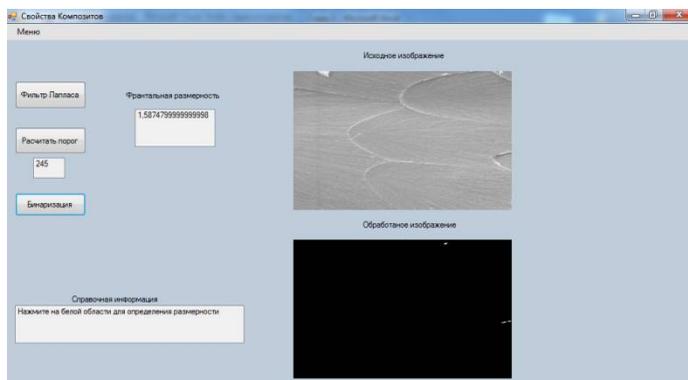


Рисунок 2 – Скриншот работы алгоритма анализа изображения композиционного материала для определения его характеристик

Выводы. Разработан алгоритм анализа изображения композиционного материала для определения его характеристик, позволяющий произвести быструю оценку свойств композиционного материала, с затратами минимальных ресурсов и времени.

Литература. 1. Рогалев, А. В. Прогнозирование свойств композиционного материала, наполненного наноразмерными частицами в рамках фрактально-кластерного подхода / А. В. Рогалев, С. А. Хвостов, Е. С. Ананьева, В. Б. Маркин // Ползуновский вестник. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2007. – № 3. – С. 98–104. 2. Новиков, В. У. Структура и свойства полимеров в рамках фрактального подхода / В. У. Новиков, Г. В. Козлов // Успехи химии. – 2000. – № 6. – Т. 69. – С. 579–599. 3. Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов / А. Оппенгейм, Р. Шафер ; пер. с англ. С. А. Кулешова ; под ред. А. С. Ненашева. – М. : Техно-сфера, 2006. – 856 с. – (Мир цифровой обработки ; вып. XI (3)). – Библиогр. : С. 843–852. 4. Нейгел, К. C# 5.0 и платформа. NET 4.5 для профессионалов : пер. с англ. / К. Нейгел, Б. Ивьен, Д. Глинн. – Москва : Вильямс, 2014. – 1440 с. : ил. 5. Минакова, Н. Н. Оценка фрактальности структуры эпоксидного компаунда с керамическим наполнителем по микроскопическим снимкам / Н. Н. Минакова [и др.] // Ползуновский вестник. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2017. – № 1. – С. 84–88.

Реквизиты для справок: Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», к. т. н., доцент Зрюмова Анастасия Геннадьевна, тел. (385-2) 29-09-13. E-mail: a.zrumova@mail.ru.

3 ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ КОМПЛЕКСЫ

УДК 537.53.043

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Т. А. ИСМАИЛОВ, О. В. ЕВДУЛОВ, А. М. ИБРАГИМОВА

При проектировании радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), предназначенной для работы в широком диапазоне температур, приходится учитывать влияние температуры на ее характеристики и параметры. Если последние выходят за пределы, допустимые для нормального функционирования радиоэлектронных приборов, прибегают к тем или иным методам теплоотвода или температурной стабилизации. Одним из эффективных методов достижения этой задачи является использование полупроводниковых термоэлектрических преобразователей энергии, реализованных в виде специальных термоэлектрических батарей (ТЭБ).

Перспективы развития и внедрения термоэлектрических охладителей для обеспечения температурных режимов работы РЭА определяются целым рядом преимуществ, которыми они обладают по сравнению с традиционными компрессионными и абсорбционными установками и тепловыми насосами [1]. Это возможность получения искусственного холода при отсутствии движущихся частей и холодильного агента; сочетание в едином устройстве таких традиционно раздельных элементов, как источник холода и теплообменный аппарат; универсальность; возможность работы при любой ориентации и при отсутствии сил гравитации; простота устройства, компактность, взаимозаменяемость; высокая надежность, практически неограниченный срок службы; бесшумность, экологичность.

На сегодняшний день при обеспечении температурных режимов работы РЭА с использованием термоэлектрических преобразователей энергии возможны 3 варианта: непосредственное уменьшение температуры радиоэлектронного элемента ниже температуры окружающей среды, интенсификация отвода теплоты и термостабилизация, т. е. поддержание температуры РЭА на определенном уровне. В первом случае снижение температуры радиоэлектронных приборов позволяет уменьшить возникающие в них собственные шумы и улучшить характеристики, во втором – существенно уменьшить габаритные размеры и

массу радиаторных систем, в третьем – добиться требуемых стабильных характеристик приборов, например, таких, как кварцевый резонатор и т. п.

В лаборатории полупроводниковых термоэлектрических приборов и устройств ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет» разработана конструкция термоэлектрической системы (ТЭС) для достижения указанных целей.

Схематически прибор изображен на рисунке 1 [2].

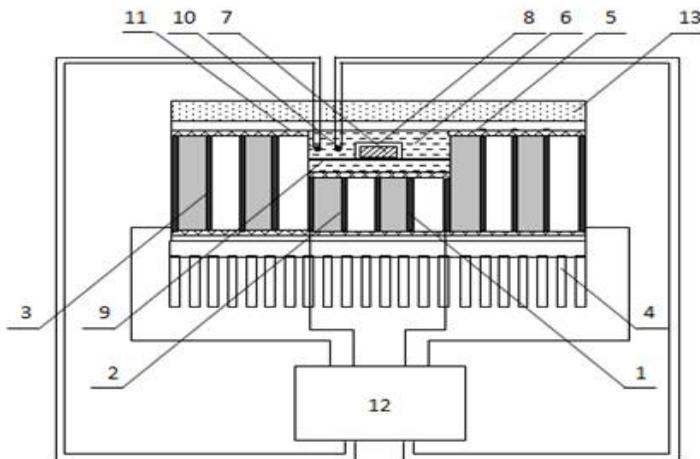


Рисунок 1 – ТЭС для термостабилизации элементов РЭА, выполненное на базе ТЭБ с разной высотой ветвей и плавящимся рабочим веществом

Прибор содержит ТЭБ 1, состоящую из расположенных в середине низких ветвей 2 и по краям высоких ветвей 3, тепловыделяющие спаи которых находятся на одном уровне и примыкают к теплообменнику 4, а теплопоглощающие спаи расположены на двух уровнях. В середине ТЭБ 1 образовано углубление, в которое помещена тонкостенная металлическая емкость 5, заполненная плавящимся рабочим веществом 6, температура плавления которого совпадает с температурой термостабилизации элемента РЭА 7. Элемент РЭА 7 помещен в камеру 8, находящуюся на подставке 9 в емкости 5, и находящуюся в непосредственном тепловом контакте с рабочим веществом 6. В объеме емкости 5 с рабочим веществом 6 размещены два датчика температуры 10 и 11. Они электрически связаны с входом устройства управления 12, выход которого электрически связан с ТЭБ 1. Электрическая связь устройства управления 12 с ТЭБ 1 осуществляется таким обра-

зом, чтобы имелась возможность последовательного подключения или отключения ее низких 2 и высоких ветвей 3. Для снижения до минимума влияния колебаний температуры окружающей среды применяется теплоизоляция 13.

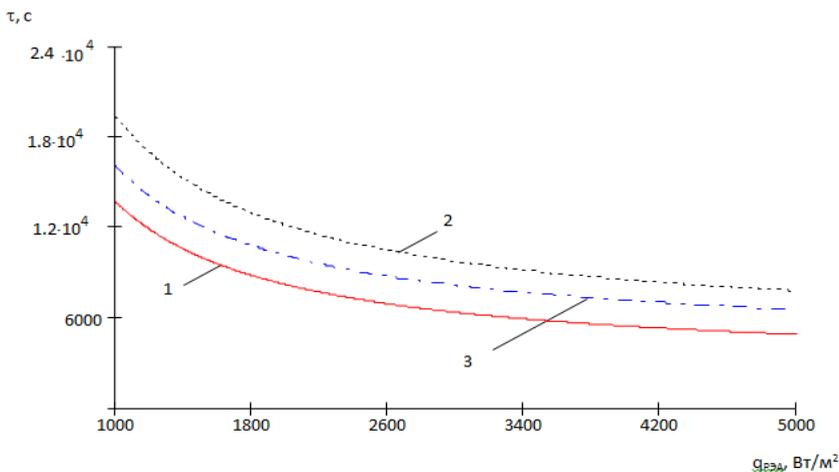
Устройство работает следующим образом. Тепло, поступающее от элемента РЭА 7, передается через поверхность соприкосновения рабочему веществу 6. Происходит прогрев рабочего вещества 6 до температуры плавления и процесс плавления, связанный с появлением жидкой фазы рабочего вещества 6 и ее перемещением в направлении от поверхности камеры 8 к стенкам тонкостенной металлической емкости 5. При плавлении рабочего вещества 6 температура тонкостенной металлической емкости 5 и соответственно температура элемента РЭА 7 будет поддерживаться при постоянном значении, равном температуре плавления рабочего вещества 6.

До тех пор, пока жидкая фаза расплавленного рабочего вещества 6 не переместится до места расположения первого датчика температуры 10, ТЭБ 1 не питается электрической энергией и не отводит тепло. При проплавлении рабочего вещества 6 до места расположения первого датчика температуры 10, с последнего передается электрический сигнал на устройство управления 12, которое начинает осуществлять питание электрической энергией части ТЭБ 1, состоящей из низких ветвей 2. Часть ТЭБ 1, состоящая из низких ветвей, начинает интенсивно отводить тепло от тонкостенной металлической емкости 5 с рабочим веществом 6. При дальнейшем увеличении мощности рассеяния тепла элементом РЭА 7 и, соответственно, при достижении жидкой фазы расплавленного рабочего вещества 6 второго датчика температуры 11, в соответствии с поступившим с него электрическим сигналом, устройство управления 12 подключает к питанию электрической энергией дополнительно к низким ветвям 2 высокие ветви 3 ТЭБ 1. При этом отвод тепла от емкости 5 с рабочим веществом 6 будет осуществляться уже всей ТЭБ 1. При уменьшении уровня тепловыделений элемента РЭА 7 за счет отвода тепла ТЭБ 1 жидкая фаза рабочего вещества 6 будет перемещаться в обратном направлении (от стенки емкости 5 к камере 8). При этом устройство управления 12 в зависимости от электрических сигналов с датчиков температуры 10 и 11, до которых переместилась твердая фаза рабочего вещества 2, будет последовательно отключать соответственно высокие ветви 3 и низкие ветви 2 ТЭБ 1.

Последовательное подключение и отключение низких ветвей 2 и высоких ветвей 3 ТЭБ 1 к процессу теплоотвода от тонкостенной металлической емкости 5 с рабочим веществом 6 при изменении уровня

тепловыделений элемента РЭА 7 будет способствовать повышению экономичности устройства.

На рисунке 2 показана продолжительность стабильной работы элемента РЭА, температурный режим работы которого обеспечивается разработанной ТЭС, от плотности теплового потока для различных рабочих веществ. Здесь наибольшую продолжительность плавления в диапазоне мощностей от 1000 до 5000 Вт/м² имеет азотнокислый никель, что объясняется его более высокой температурой и теплотой плавления, а также величиной коэффициента теплопроводности. Согласно полученным зависимостям, при использовании в качестве рабочего вещества азотнокислого никеля температура элемента РЭА наиболее стабильная, а скорость плавления наименьшая. Это связано, прежде всего, с его более высокой теплопроводностью, которая почти в 2 раза больше, чем у парафина и в 3 раза больше, чем у элаидиновой кислоты. Таким образом, снижение скорости роста температуры (т. е. ее стабилизации) можно достичь за счет увеличения эффективной теплопроводности вещества. Одним из методов увеличения эффективной теплопроводности вещества является применение внутреннего оребрения емкости с ним.



1 – парафин; 2 – азотнокислый никель; 3 – элаидиновая кислота

Рисунок 2 – Зависимость продолжительности стабильной работы элемента РЭА, температурный режим работы которого обеспечивается разработанной ТЭС, от плотности теплового потока для различных рабочих веществ

Литература. 1. Исмаилов, Т. А. Моделирование процессов теплообмена в термоэлектрическом устройстве для охлаждения электронной аппаратуры / Т. А. Исмаилов, О. В. Евдулов // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2002. – № 7. – С. 59–62.
2. Исмаилов, Т. А. Системы отвода теплоты от элементов РЭА на базе плавящихся тепловых аккумуляторов / Т. А. Исмаилов, Д. В. Евдулов, О. В. Евдулов // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2015. – №1 (36). – С. 38–44.

Реквизиты для справок: *Россия, 367026, Махачкала, пр. Имама Шамиля 70, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», кафедра теоретической и общей электротехники, к.т.н., доцент Евдулов О. В. E-mail: ole-ole-ole@rambler.ru, тел.(8722)628269.*

УДК 681.518.3

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВЫБОРА УНИВЕРСАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ

А. В. ГЛУБОКОВ, Т. С. ЯСТРЕБОВА

В настоящее время проблема автоматизации выбора средств измерений линейных размеров является очень актуальной. Методика выбора универсальных средств измерений линейных размеров, утвержденная в виде нормативного документа, давно устарела и требует обновления, а в существующих автоматизированных системах метрологического обеспечения вопросы выбора средств измерений практически не затрагиваются [1].

Целью работы является создание автоматизированной системы выбора универсальных средств измерений линейных размеров.

Проведенный ранее анализ методических рекомендаций показал необходимость актуализации списка средств измерений [2]. В рамках данной работы была проведена актуализация перечня средств измерений путем исключения из него ряда устаревших средств измерений, не выпускаемых сейчас серийно, (например, пружинные головки) и его дополнения современными средствами измерений, обладающими более широкими техническими возможностями, имеющими более высокую точность (например, различные цифровые средства измерений). Отдельно рассмотрен вопрос специальных средств измерений, которые также нашли широкое применение на современном этапе.

В качестве исходных данных для создания автоматизированной системы были использованы данные из приведенных в РД 50-98-86

таблиц с информацией о средствах измерений и предельных погрешностях измерений. Исходная структура данных не предполагает простое исключение ряда средств измерений и добавление новых, поскольку в таблице используется единая нумерация, отдельно приводятся средства измерений для наружных и внутренних размеров, наличие пересекающихся средств измерений. Поэтому возникла необходимость в разработке измененного подхода, некоторой адаптации данных, для дальнейшего их использования при создании автоматизированной системы. С одной стороны, новый подход должен не сильно отличаться от старого, так как ориентирован на специалистов, использующих данный документ, с другой стороны он должен быть понятный, способный дополняться и развиваться.

В рамках разработки нового подхода выделены группы средств измерений, для которых было введено сокращенное обозначение наименования средств измерения, так называемый «код группы»:

- линейки (Л);
- штангенинструмент (Ш);
- микрометрический инструмент и скобы (М);
- индикаторы и датчики линейных перемещений (И);
- приборы (П).

Внутри каждой группы средства измерений обозначаются сквозной нумерацией. Каждый тип средства измерений имеет уникальный номер, не зависящий от типа измеряемого размера. Вариант использования средства измерения обозначается русской буквой. Например, М1а – микрометры гладкие с величиной отсчета 0,01 мм при настройке на нуль по установочной мере, при работе находится в руках.

При создании списка возникли определенные сложности, особенно для цифровых средств измерений. Это связано с тем, что не всегда существует строгое соответствие между средствами измерений из методических рекомендаций и современными средствами измерений. Например, цифровые микрометры объединяют в себе возможности обычного микрометра и рычажного микрометра, так как имеют возможность проведения относительных измерений. Использование относительного метода измерения значительно снижает погрешность измерения, но назвать современные микрометры рычажными не возможно. Была проведена работа по соотносению существующих средств измерений с выделенными типами по точности. За основу была взята база средств измерений, внесенная в Государственный реестр СИ. Это позволило не сильно увеличивать список типовых средств измерений и частично решить проблемы средств измерений, которые находятся на грани выделенных типов.

Средства измерений, которые на данном этапе практически не выпускаются, но по-прежнему используются на предприятиях, были выделены в отдельный список. Они могут использоваться при выборе средств измерений конкретного предприятия при их наличии, но не могут быть рекомендованы для закупки или разработке метрологического оснащения предприятия.

Специальные средства измерений выделены в отдельную таблицу. Они соотнесены по точности с типовыми средствами измерений с указанием особенности их применения. Это сделано для возможности выбора средств измерений с учетом специфики измеряемой детали.

В качестве программной основы для разработки автоматизированной системы была выбрана АСМО «ОТК-Метролог», разработанная ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН» совместно с АО «НИИИзмерения» по заказу Минпромторга РФ [3]. АСМО «ОТК-Метролог» реализует все основные функции, присущие автоматизированным системам метрологического обеспечения. Наличие модуля выбора средств измерений позволяет осуществлять выбор из средств измерений предприятия или из типов средств измерений, внесенных в Государственный реестр средств измерений, согласно утвержденной методике, и решать вопросы оснащения предприятия средствами измерений.

Разработанная в данной работе автоматизированная система заменит модуль выбора средств измерений АСМО «ОТК-Метролог», но может быть использована и как отдельная система.

Основные возможности автоматизированной системы:

- выбор средства измерения для наружных размеров, внутренних размеров, глубин и уступов исходя из величины измеряемого размера и допускаемой погрешности измерения на основе утвержденной методики и авторской методики;
- подбор средств измерений под измерительную задачу из базы данных средств измерений предприятия или типов средств измерений, внесенных в Государственный реестр средств измерений;
- база данных специальных средств измерений.

В дальнейшем планируется введение возможности выбора средства измерения исходя из ограничений, накладываемых геометрией измеряемой детали.

Литература. 1. Григорьев, С. Н. Проблемы метрологического обеспечения подготовки производства в машиностроении / С. Н. Григорьев [и др.] // Измерительная техника. – 2012. – № 5. – С. 27–29.
2. Глубоков, А. В. Проблемы автоматизации выбора универсальных средств измерений линейных размеров / А. В. Глубоков, Т. С. Ястребова // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2018. – № 4. С. 37–42.

3. Глубоков, А. В. Автоматизированная система метрологического обеспечения производства / А. В. Глубоков [и др.] // Вестник МГТУ Станкин. – 2018. – № 3. – С. 70–75.

Реквизиты для справок: Россия, 127055, г. Москва, Вадковский пер., 1, ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», кафедра «Измерительные информационные системы и технологии», кандидат технических наук, Глубоков А. В., тел. +7 (499) 972-94-65. E-mail: al-glubokov@yandex.ru; Ястребова Т. С. E-mail: tatiana.yastrebova.ar.2013@yandex.ru.

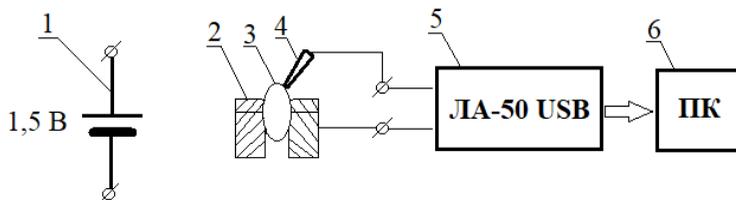
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОМЕХ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ НА ОСНОВЕ АЦП ЛА-50 USB

С. П. ПРОНИН, В. В. НИКОЛЕНКО, М. И. ПЕТРУШЕНКО,
Н. Н. БАРЫШЕВА

Исследования, выполненные в научных работах [1–3], посвящены актуальной теме: изучению мембранного потенциала зерен пшеницы в зависимости от их всхожести. При записи полезного сигнала на него накладываются помехи, которые искажают истинное значение мембранного потенциала, и увеличивают погрешность измерения.

Цель работы: исследовать помехи, возникающие при записи мембранного потенциала зерен пшеницы, и предложить обоснованный метод обработки для увеличения точности измерения истинного значения мембранного потенциала.

Для измерения мембранного потенциала применяли информационно-измерительную систему (ИИС), структурная схема которой представлена на рисунке 1.



- 1 – батарейка; 2 – первый электрод; 3 – зерно; 4 – второй электрод;
5 – аналогово-цифровой преобразователь ЛА50 USB;
6 – персональный компьютер

Рисунок 1 – Структурная схема ИИС

Согласно техническим характеристикам АЦП ЛА-50 USB при однополюсном режиме включения имеем диапазон входных значений ± 5 В и разрядность 10 бит: $2^{10} = 1024$ уровней квантования. Тогда разрешение АЦП по напряжению ΔU составит:

$$\Delta U = \frac{(5 - (-5))}{1024} = \frac{10}{1024} = 9,76 \text{ мВ} \sim 10 \text{ мВ}.$$

Для сравнения сигналов и шумов в качестве источников напряжения использовали батарейку и зерно. Напряжение батарейки по вольтметру составило 1,48 В. Фиксируемое ИИС напряжение батарейки представлено на рисунке 2.

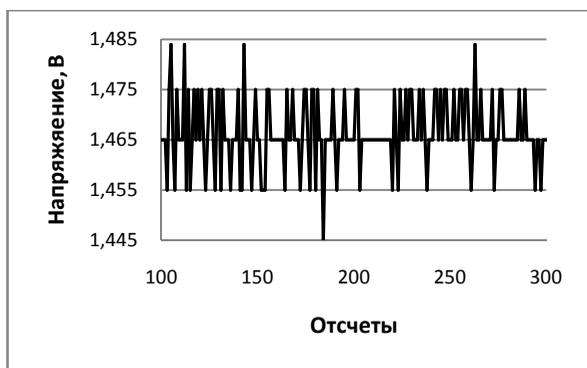


Рисунок 2 – Электрическое напряжение от батарейки, фиксируемое ИИС

Как видно из графика, напряжение изменяется в пределах от 1,445 В до 1,485 В (диапазон напряжений равен 0,04 В) на диапазоне отсчетов от 100 до 300. Один отсчет соответствует 1/300 с. Следовательно, весь временной интервал равен 0,7 с.

В фиксируемом сигнале присутствует шум квантования ± 10 мВ, что соответствует заявленной технической характеристике, и помехи в виде случайных импульсов, которые увеличивают диапазон изменения напряжения до ± 20 мВ. Очевидно, что однократное измерение напряжения может привести к большой погрешности, поэтому необходима обработка массива данных и вычисление истинного значения напряжения.

Для оценки полученного сигнала применяли формулы среднего значения и стандартного отклонения:

$$\overline{U}_o = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_i = 1,466 \text{ В}. \quad (1)$$

$$\sigma_{\bar{u}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (U_i - \bar{U})^2} = 0,0067 \text{ В}, \quad (2)$$

где n – количество данных, $n = 201$.

С учетом погрешности (2) значение напряжения до второго знака равно 1,47 В. Напряжение, измеренное вольтметром, составляет 1,48 В, следовательно, в ИИС присутствует систематическая составляющая – 0,01 В.

На рисунке 3 представлено изменение электрического напряжения, снимаемого с зерна пшеницы. Как видно из графика, изменения напряжения у биологического объекта существенно отличаются от изменений напряжения у батарейки.

Во-первых, сигнал носит гармонический характер с наложением шумов квантования и случайных импульсов. Во-вторых, максимальный диапазон изменения напряжения ΔU равен $\Delta U = 0,0435 - 0,315 = 0,12 \text{ В}$. У батарейки он составляет 0,04 В, т. е. в 3 раза меньше.

Оценки (1) и (2), примененные к зерну, дали результат:

$$\begin{aligned} \bar{U}_3 &= 0,3824 \text{ В}, \\ \sigma_3 &= 0,0369 \text{ В}. \end{aligned}$$

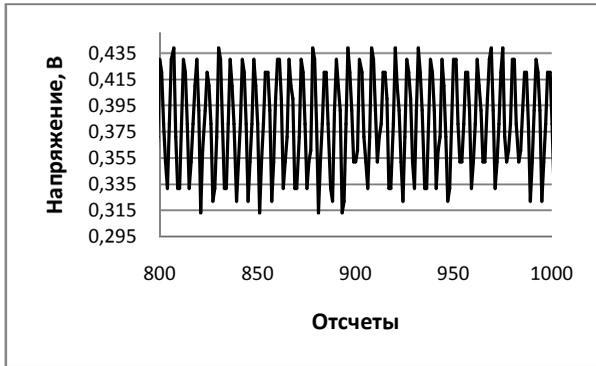


Рисунок 3 – Электрическое напряжение от зерна пшеницы, фиксируемое ИИС

Детальное изучение полученного сигнала привело к следующему выводу. Период гармоник составляет 6 отсчетов. Принимая во внимание, что 1 отсчет равен 1/300 с, получим период гармоник: $T = 1/50 \text{ с}$, или частоту $f = 50 \text{ Гц}$.

Поскольку помеха носит гармонический характер, то целесообразно осуществлять низкочастотную фильтрацию полученных экспе-

риментальных данных окном кратным периоду гармоник в 6 отсчетов. Если окно обозначить L , то его размер должен быть равен:

$$L = n \cdot 6, \quad (3)$$

где $n = 1, 2, \dots$ – целое положительное число.

Тогда низкочастотную фильтрацию можно записать как среднее значение данных U_i по заданному окну L :

$$\bar{U}_j = \frac{1}{6n} \sum_{i=1}^{6n} U_{j+i}.$$

Подобный фильтр называют фильтром скользящего среднего [4].

ИИС позволяет записать измеренные напряжения U_i в программной среде Excel и выполнить обработку. Для этого можно воспользоваться цепочкой команд «Данные» → «Анализ данных» → «Скользящее среднее», или командой «СРЗНАЧ» для количества данных U_i , определенных формулой (3).

Для обработки полученных данных использовали два окна – окно с размером 24 отсчета и окно с размером 96 отсчетов.

На рисунке 4 приведен график фильтрации сигнала с помехами от зерна окном в 24 отсчета, а на рисунке 5 – окном в 96 отсчетов. В таблице показаны вычисленные оценки (1) и (2) до и после фильтрации как для сигнала от зерна, так и для сигнала от батарейки.

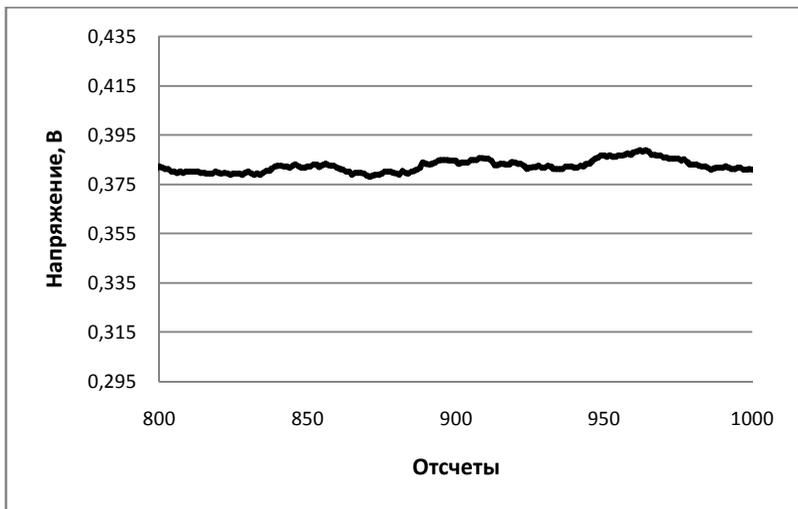


Рисунок 4 – График изменения сигнала во времени от зерна пшеницы после фильтрации окном размером $L = 24$ отсчета

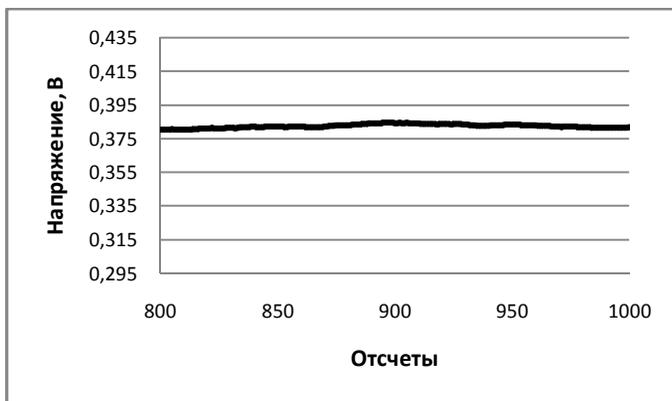


Рисунок 5 – График изменения сигнала во времени от зерна пшеницы после фильтрации окном размером $L = 96$ отсчета

Таблица 1 – Средние значения и СКО до и после фильтрации

Электрическое напряжение	До фильтрации		Окно $L = 24$ отс.		Окно $L = 96$ отс.	
	\bar{U}, B	СКО, В	\bar{U}, B	СКО, В	\bar{U}, B	СКО, В
от батарейки	1,4664	0,0067	1,4663	0,0013	1,4665	0,0005
от зерна пшеницы	0,3824	0,0369	0,3824	0,0025	0,3826	0,0011

Выводы. С помощью ИИС на основе АЦП ЛА-50 USB и персонального компьютера исследованы сигналы и шумы, получаемые при измерении электрического напряжения от батарейки и биологического объекта – зерна пшеницы.

Установлено, что от батарейки возникает шум квантования и случайные импульсы в количестве от 1 до 6 штук на каждых 100 отсчетах в диапазоне отсчетов от 0 до 3000. Изменение напряжения от зерна носит гармонический характер с периодом 6 отсчетов, что соответствует в единицах времени 0,02 с.

Для подавления помех предложена низкочастотная фильтрация с окном кратным 6 отсчетам. Выполнены исследования сигналов с помехами при фильтрации окном в 24 отсчета и окном в 96 отсчетов. Установлено, что величина среднего значения электрического напряжения как величина полезного сигнала не зависит от размеров окна. Зато значение СКО как показателя погрешности уменьшается с увеличением окна у батарейки в 13 раз, а у зерна пшеницы в 33 раза при размере окна $L = 96$ отсчетов.

Литература. 1. Барышева, Н. Н. Результаты теоретических и экспериментальных исследований изменения мембранного потенциала зерен пшеницы разной всхожести / Н. Н. Барышева, С. П. Пронин // Дальневосточный аграрный вестник. – 2018. – № 2. – С. 141–145. 2. Барышева, Н. Н. Обзор методов контроля всхожести семян пшеницы / Н. Н. Барышева, С. П. Пронин // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 6. – С. 127–131. 3. Барышева, Н. Н. Мембранный потенциал зерен пшеницы под действием электрического тока как показатель всхожести / Н. Н. Барышева, С. П. Пронин // Вестник КрасГАУ. – 2018. – № 3. – С. 68–71. 4. Воскобойников, Ю. Е. Регрессионный анализ данных в пакете Mathcad : учеб. пособие. – Санкт-Петербург : Изд-во «Лань», 2011. – 224 с.

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», кафедра ИТ, д.т.н., профессор, Пронин С. П., тел. (385-2) 29-09-13. E-mail:spronin@mail.ru.*

УДК 004.89

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАСПИСАНИЯ ЗАНЯТИЙ

Д. К. БЕРЕЗИКОВ, А. Н. ТУШЕВ

Проблема составления качественного расписания занятий в учебных учреждениях всегда была актуальной. Ответственные за составление тратят много времени и усилий для выполнения этой задачи, и не всегда результат их работы оказывается удовлетворительным. Автоматическое создание качественного расписания целиком – сложная задача в прикладной математике из-за огромного числа критериев и окончательных вариантов. Оптимизация же уже существующего расписания по отдельным критериям видится более реализуемой.

В последние десятилетия развития информационных технологий процесс автоматизации составления расписания занятий вызывает большой интерес. Некоторые из работ посвящены решению задачи по планированию учебного процесса, используя алгоритмы, методы и модели искусственного интеллекта [1]. Другие основаны на теории вероятности и дискретном программировании [2]. Но нужно отметить, что полностью автоматизировать процесс составления учебного плана и исключить из него человека нельзя. Без участия человека разрешение неоднозначных ситуаций, принятие оперативных решений на этапе анализа исходной информации невозможно, и итоговый результат бу-

дет плохо соответствовать выдвигаемым требованиям. Кроме того, план учебных занятий может меняться во время его использования, и без возможности оперативного изменения расписание занятий не будет иметь практической ценности.

Целью работы является разработка алгоритма для оптимизации расписания занятий учебного учреждения на основе генетического алгоритма.

Чтобы оценить качество расписания и оптимизировать его был выбран ряд критериев, на основе которых будет производиться попытка улучшения текущего расписания с применением генетического алгоритма.

Список критериев:

1. Окна преподавателей – обычно окна для учебных групп при составлении расписания являются самым нежелательным элементом, и максимально избегаются. Окна для преподавателей же имеют меньший приоритет, и встречаются значительно чаще. Оптимизация по этому критерию направлена на сокращение окон преподавателей.

2. Болезнь школьного преподавателя – во время болезни учителя в школе нередки случаи, когда заменить его на уроке, или же заменить пропадающее занятие другим не представляется возможным. В отличие от вуза, где окно между парами допустимо, в школе чаще всего действуют правила, по которым при появлении окна занятия для детей должны быть закончены. При оптимизации по данному критерию алгоритмом моделируется болезнь случайного учителя, и подсчитывается, сколько занятий по этой причине будет отменено. Расписание с меньшим числом отмен будет считаться оптимальным.

3. Единственное занятие преподавателя, как и в случае с окнами преподавателей, при составлении расписания единственное занятие в день для преподавателя имеет не самый высокий приоритет исправления. Оптимизация по данному критерию направлена на уменьшение таких дней в расписании преподавателя.

Для оптимизации существующего расписания занятий применим генетический алгоритм. Данная реализация генетического алгоритма состоит из следующих шагов:

- 1) инициализация начальной популяции;
- 2) селекция особей;
- 3) кроссинговер;
- 4) операция мутации над потомством;
- 5) отбор особей в новую популяцию;
- 6) проверка критерия останковки алгоритма;
- 7) выбор наилучшей особи.

Рассмотрим эти шаги более подробно.

1. Инициализация начальной популяции. На первом этапе случайным образом формируется исходная популяция, состоящая из заданного числа N особей, где каждая особь популяции представляет собой отдельный вариант расписания (решение задачи).

2. Селекция особей. На этапе происходит отбор (селекция) наиболее приспособленных особей (вариантов расписания), имеющих более предпочтительные значения функции пригодности по сравнению с остальными особями.

3. Кроссинговер. Скрещивание является третьим этапом генетического алгоритма. Кроссинговер – языковая конструкция, позволяющая на основе скрещивания хромосом родителей создавать хромосомы потомков.

4. Операция мутации. Некоторые особи после операции скрещивания мутируют. Мутация имеет важное значение в работе генетического алгоритма, расширяя пространство поиска оптимального решения.

5. Оператор отбора. Оператор отбора является фильтрующим инструментом, на основе функции пригодности выделяющим слабые особи. Выявленные слабые особи исключаются из популяции до тех пор, пока численность не становится исходной.

6. Проверка условий останова алгоритма. Новое поколение, называемое популяцией потомков, которое сформировалось после работы операторов отбора, кроссинговера, мутации, заменяет родительскую популяцию, после чего выполняется проверка условия прекращения работы алгоритма. Она основана на оценке приращения функции приспособленности или пригодности, т. е. если в течение определенного числа поколений особей приращение значения функции пригодности самой приспособленной особи является незначительным, работа алгоритма завершается. При выполнении заданного в алгоритме условия останова осуществляется переход к следующему этапу, в противном случае выполняется переход на этап селекции и процесс поиска оптимального решения продолжается.

7. Выбор лучшего решения. На данном этапе среди полученных особей выбирается наиболее приспособленная особь, которая и будет являться решением задачи. Под наиболее приспособленной особью понимается та, у которой значение функции пригодности является максимальным.

Литература. 1. Астахова, И. Ф. Составление расписания учебных занятий на основе генетического алгоритма / И. Ф. Астахова, А. М. Фирас // Вестник ВГУ. Серия : Системный анализ и информационные

технологии. – 2013. – № 2. – С. 93–99. 2. Кузьмичев, А. Б. Алгоритм планирования расписания занятий в учебном заведении / А. Б. Кузьмичев, В. В. Рудаков // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. – 2014. – № 3. – С. 170–173.

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», кафедра ИВТиИБ, Тушев А. Н., к.т.н., доцент., тел. (385-2) 29-07-18. E-mail: tushev51@mail.ru.*

УДК 004.65

СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ РАСЧЕТА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПЛАСТИН НА БАЗЕ ПРЕ/ПОСТПРОЦЕССОРА GiD

А. А. ЧЕПУШТАНОВ, А. Е. АСТАНИН, А. М. АКТУЛИЕВ

Теория расчета напряженно-деформированного состояния многослойных конструкций в настоящее время получила широкое развитие. Это связано с тем, что многослойные конструкции, в частности, пластины, находят широкое применение в различных областях современной техники: космической, авиационной, кораблестроительной; промышленном, гражданском и транспортном строительстве, химическом и энергетическом машиностроении [1].

К существующему множеству систем инженерного анализа (CAE-системы) подобных расчетов, основанных на различных методиках, можно отнести как гигантов рынка (ANSYS, NASTRAN), так и многочисленные «ореп source»-проекты. Однако ввиду множественного функционала, требующего дополнительных ресурсов, существует потребность в создании рабочей, простой и удобной CAE-системы, которая выполняла бы установленный круг узко поставленных задач, в данном случае – расчет напряженно-деформированного состояния (НДС) многослойных анизотропных пластин.

Ввиду вышеизложенного, цель работы – рассмотреть возможность создания и алгоритм работы обособленного модуля, ориентированного на расчет напряжённо-деформированного состояния анизотропных пластин.

В связи с этим необходимо решить следующие задачи:

- рассмотреть существующие аналоги и целесообразность создания такого модуля;

- обосновать понятие напряженно-деформированного состояния объекта и методы его расчета;
- разработать программную составляющую и алгоритм работы модуля.

Как отмечено выше, существующие решения в области расчета нагруженно-деформированного состояния объектов, как правило, интегрированы в «программы-гиганты», большинство функций которых, возможно, никогда не потребуются инженеру-разработчику. К примеру, приобретение программного комплекса ANSYS на одно рабочее место обойдется примерно в 1 900 000 рублей. Однако представленные на рынке комплексы программ позволяют создать обособленный модуль, ориентированный только на расчет НДС объектов, в данном случае многослойных анизотропных пластин. К преимуществам такого модуля можно отнести:

- простоту и удобство использования;
- бесплатное распространение;
- возможность легкого изменения и расширения алгоритма работы для особых нужд.

При рассмотрении «open-source» проектов по данной тематике можно найти аналоги, подходящие под задачи данной работы. Однако большого доверия они не вызывают, как и компетенции их разработчиков.

Напряженно-деформированное состояние представляет собой совокупность напряжений и деформаций, возникающих при действии на материальное тело внешних нагрузок, температурных полей и других факторов. Основные виды НДС – растяжение, сжатие, плоский чистый сдвиг [2].

При решении задач расчета напряженно-деформированного состояния многослойных пластин применяются аналитические и численные методы. Аналитические методы решения – это непосредственное интегрирование заданных систем дифференциальных уравнений с помощью одианрных и двойных тригонометрических рядов методами Бубнова-Галеркина, Треффца и другими. На практике аналитическими методами решено ограниченное число задач расчета многослойных пластин. Решены те задачи, для которых разрешающие уравнения и граничные условия выражены в достаточно простой форме.

Более востребованы численные методы, ориентированные на использование современной вычислительной техники. Наиболее широкое распространение для приближенного решения дифференциальных уравнений получили метод конечных разностей (МКР), вариационно-разностный метод (ВРМ), дифференциально-разностный метод (ДРМ),

метод конечных элементов (МКЭ) и др. При машинной реализации более предпочтителен тот метод, который приводит к алгоритму с большим числом однородных вычислительных операций. Такими методами являются МКЭ и МКР [1].

Для исследования НДС многослойных конструкций широкое распространение получил метод конечных элементов. Данный метод используется в качестве основного метода в алгоритме работы разрабатываемой программы.

Алгоритм работы такого модуля заключается в следующем: расчётная программа для расчета нагружено-деформированного состояния многослойных анизотропных пластин, написанная на языке программирования C++, основанная на методе конечных элементов, интегрируется в коммерческий пре/постпроцессор GiD. Такой пре/постпроцессор включает в себя:

- графический препроцессор с мощным аппаратом геометрического моделирования, дискретизации геометрических моделей и широкими возможностями импорта геометрии из сторонних программ инженерного анализа;
- простой и понятный графический постпроцессор, который дает возможность анализа результатов проведенных вычислений.

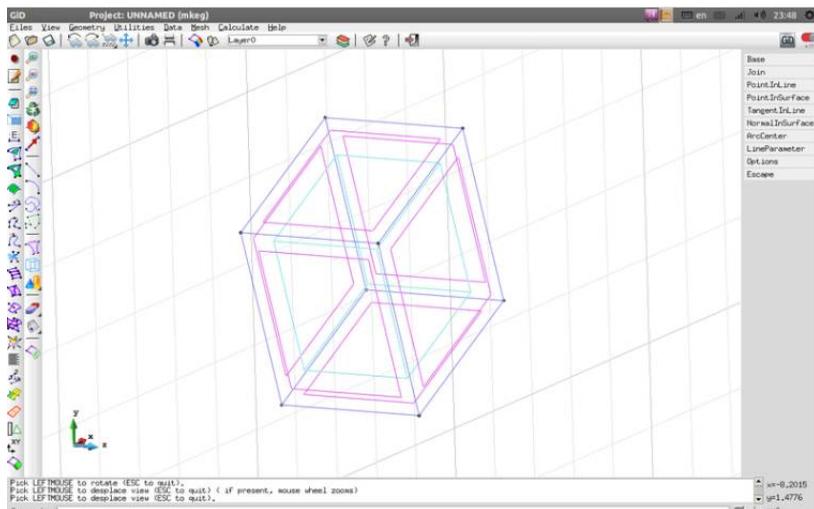


Рисунок 1 – Интерфейс GiD

Стоит отметить одну из особенностей GiD, которая легла в основу ее использования для решения поставленных задач. В комплекте с

GiD не поставляются расчетные программы решения тех или иных задач. Вместо этого имеется возможность использовать любую стороннюю программу. Таким образом, рассматриваемая программа представляет собой универсальный пре/постпроцессор, который можно использовать для решения самых разнообразных задач.

GiD осуществляет взаимодействие между своим препроцессором и решателем путем обмена файлами данных (ANSI типа). Для того чтобы передать информацию, о построенной в препроцессоре модели во входной файл решателя, используется система шаблонов. Шаблон представляет собой файл с расширением .bas, написанный, в соответствии с правилами разработчиков, который указывает препроцессору в каком виде необходимо записать данные о сетке в файл.

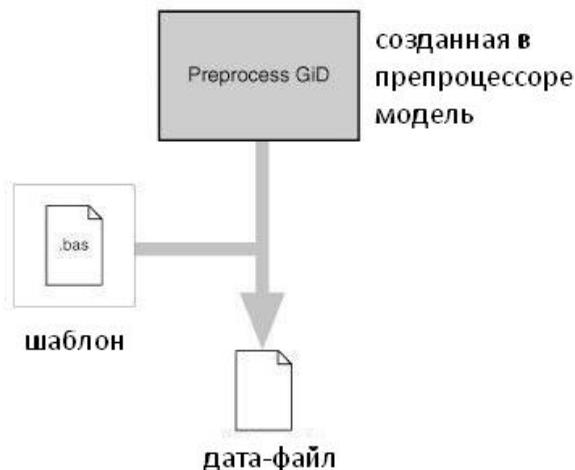


Рисунок 2 – Алгоритм работы пре/постпроцессора [4]

Когда модель построена, сетка сгенерирована и граничные условия заданы – необходимо запустить расчетную программу. Для удобства запуска непосредственно из препроцессора потребуется скрипт. При нажатии кнопки «Рассчитать» в GiD, программа запустит нужный скрипт с тремя параметрами (имя проекта, путь к папке проекта, путь к папке с определением типа задачи). На выходе – готовое решение требуемой задачи.

Итак, существует потребность в создании автономного САЕ-модуля для расчета многослойных анизотропных пластин. Предлагаемый модуль удобен и прост в использовании, а главное – бесплатен. Эта потребность удовлетворяется интеграцией алгоритма решения,

основанного на методе конечных элементов и написанного на языке программирования C++, в коммерческий пре/пост процессор GiD.

Литература. 1. Мутовина, Н. В. Методы расчета при исследовании изгиба многослойных ортотропных пластин / Н. В. Мутовина, Т. Т. Куанышев // *Международный студенческий научный вестник*. – 2014. – № 3. – С. 114–117. 2. Александров, А. Я. Многослойные пластины и оболочки / А. Я. Александров, Л. М. Куршин // *Труды VII Всесоюзной конференции по теории оболочек и пластинок* (Днепропетровск, 1969). – М. : Наука, 1970. – С. 714–721. 3. Королев, В. И. Слоистые анизотропные пластинки и оболочки из армированных пластмасс / В. И. Королев. – М. : Машиностроение, 1965. – 271 с. 4. Филиппович, К. В. Идеология постпроцессирования в современных CAD/CAM-системах / К. В. Филиппович. – Пермь : ООО «Евразия Лимитед», 2000. – 60 с.

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», к.т.н, доцент Чепуштанов Александр Александрович, тел. (385-2) 29-09-13. E-mail: a.a.che2017@mail.ru.*

УДК 64.011.56

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОПОВЕЩЕНИЯ ОБ УТЕЧКАХ В СИСТЕМЕ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ ДОМА

А. В. ИЗААК, А. Г. ЗРЮМОВА

Катастрофы, возникающие в результате распространения в окружающей среде различного вида газа, обретают масштабный характер. Для предотвращения подобных ситуаций необходимо применять специальные приборы, позволяющие фиксировать утечки газа, например, датчики утечки газа.

Датчики утечки газа позволяют определять концентрацию газа в воздухе в режиме реального времени. Их целью является своевременное обнаружение утечки и оповещение об этом окружающих. Одни модели оснащены запорными арматурами. Запорная арматура предназначена для быстрого перекрытия газа в месте подачи. Датчики утечки газа способны взаимодействовать с GSM-сигнализацией.

Целью работы является разработка системы сбора и обработки информации об утечке газа.

В задачи работы входит:

- анализ существующих видов датчиков утечки газа, позволяющих организовать обмен данными с сервером;

- разработка структурной схемы обмена информацией между датчиком и смартфоном пользователя;
- разработка алгоритма работы системы;
- разработка мобильного приложения для контроля состояния датчика утечек газа.

Существует три типа устройств, способных определить концентрацию газа в окружающей среде, это: полупроводниковые, каталитические и инфракрасные.

Каталитический датчик состоит из защитной оболочки, чувствительного элемента (пеллистора), опорного элемента, а также экрана, катушки и стойки.

Принцип работы каталитического датчика газа основан на изменении (повышении) температуры пеллистора, которое вызвано горением газа на катализаторе внутри датчика. Повышение температуры пеллистора изменяет сопротивление платиновой катушки. Сопротивление платиновой катушки прямо пропорционально концентрации газа в окружающей среде. Чтобы обеспечить стабильность температуры в меняющихся окружающих условиях, в каталитических датчиках газа используются термически согласованная пара шариков. Они находятся на противоположных участках электрической цепи для измерения сопротивления, где чувствительный датчик реагирует на любой присутствующий горючий газ. Пассивное функционирование достигается покрытием шарика тонким слоем стекла, или деактивированного катализатора, что позволяет компенсировать любые внешние изменения. Каталитический датчик газа устанавливается в прочном металлическом корпусе совместно с пламегасителем – принцип отвечает предъявляемым требованиям безопасности конструкции [1].

Полупроводниковые датчики по своему принципу схожи с каталитическими. Чувствительный элемент представляет собой кремневую пластину, на которую нанесена тонкая пленка окиси металла. Если на пленку попадает газ, происходит изменение ее сопротивления, которое также, как и в случае с каталитическим датчиком, прямо пропорционально концентрации горючего газа в воздухе. Данный тип датчика определяет не весь спектр газов, но он широко используется в быту [1].

Принцип работы инфракрасного датчика газа основывается на поглощении двух длин волн в инфракрасном диапазоне. При прохождении света через смесь образца с двумя длинами волны, одна из которой устанавливается на пик поглощения определяемого газа, два источника света пульсируют альтернативно друг другу, направляя свет по обычному оптическому тракту, чтобы он вышел через взрывозащищенное окно и затем прошел сквозь газ образца. Пучки лучей отра-

жаются ретроотражателем и опять возвращаются через образец в прибор. Детектор сравнивает силу сигнала лучей образца и эталона и путем вычитания определяет концентрацию газа [1].

Для реализации автоматизированной системы оповещения были выбраны датчик KERUI GD13 (рисунок 1) и сервер KERUI G18. Между устройствами организована максимальная совместимость, что снижает риск возникновения сбоев к минимуму. GD13 относится к типу полупроводниковых, имеющих высокую популярность ввиду их точности, надёжности и цены. Минусом является обнаружение только сжиженного газа (пропан). G18 имеет 6 портов для подключения беспроводных датчиков, сигнал на частоте 433 МГц, действующий на расстоянии до 100 метров и сеть WiFi.

Обнаружив недопустимую концентрацию газов в помещении, датчик KERUI GD13 перекрывает клапан, запускает вентиляционную систему, издаёт звуковой и посылает сигналы тревоги на контрольную панель KERUI G18. Сервер в свою очередь отправляет на мобильное устройство оповещение о срабатывании системы. В случае необходимости пользователь может отключить установку удалённо. Структурная схема системы оповещения представлена на рисунке 2.

Для работы с мобильным устройством было разработано мобильное приложение Программной средой, позволяющей разработать прототип и User Interface приложения, выбран онлайн-сервис Figma [2]. Он представляет собой бесплатную платформу для разработки прототипов интерфейсов нескольким пользователям одновременно в режиме реального времени. Чтобы использовать данное приложение, его не обязательно устанавливать на ПК. Необходимо иметь только интернет соединение и любой браузер, установленный на вашем устройстве.



Рисунок 1 – Датчик KERUI GD13 и система контроля KERUI G18



Рисунок 2 – Структурная схема системы оповещения

Программная часть мобильного приложения выполнена в Android Studio [3]. Android Studio является лидирующим на рынке сред разработки под ОС Android, обладает универсальностью, имеет свой расширенный редактор для работы с макетами и Instant Run.

Разработанное приложение содержит два экрана: первый экран – информация о системе, представленная на рисунке 3, второй экран – история оповещений, представленная на рисунке 4.

С помощью мобильного приложения пользователь получает информацию о статусе системы, количестве подключённых датчиков, типах датчиков, историю подключений и их продолжительность.

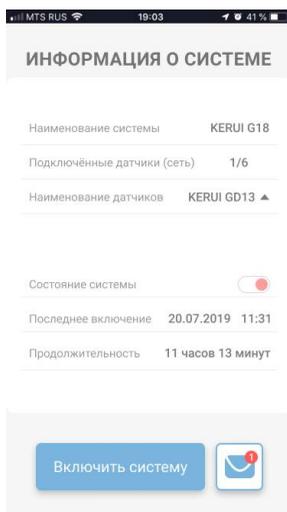


Рисунок 3 – Прототип основного экрана приложения

Управление датчиками (выключение и включение) осуществляется по нажатию на синюю кнопку внизу экрана. Посмотреть историю опо-

вещений можно, нажав на иконку, находящуюся справа от основной кнопки. Наличие красного сигнала на иконке информирует о получении оповещения.

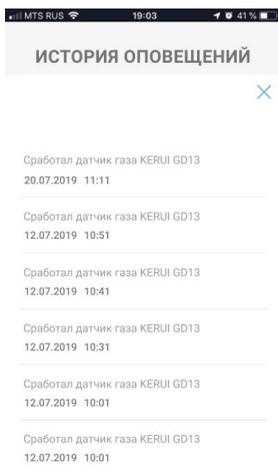


Рисунок 4 – Прототип экрана история оповещений

В истории оповещений можно узнать о всех срабатываниях датчика, приходящих от сервера. События отсортированы по дате их получения.

Вывод. Выполнен обзор основных видов датчиков утечки газа, на его основе выбран датчик для реализации цели исследования. Разработана структурная схема автоматизированной системы оповещения и мобильное приложение для оповещения пользователя об утечках газа.

Литература: 1. Датчики утечки газа [Электронный ресурс]. – <https://sigadoma.ru/datchik-utechki-gaza.html>. – Загл. с экрана. (Дата обращения 29.04.2019). 2. A better way to design [Электронный ресурс]. – <https://www.figma.com/> – Загл. с экрана. (Дата обращения 29.04.2019). 3. Дейтел, П. Андроид для разработчиков. [Электронный ресурс] / П. Дейтел. Режим доступа : <https://www.litres.ru/pol-deytel/android-dlya-razrabotchikov-11641333/>. – Загл. с экрана.

Реквизиты для справок: Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», к. т. н., доцент Зрюмова Анастасия Геннадьевна, тел. (385-2) 29-09-13. E-mail: a.zrumova@mail.ru.

АНАЛИЗ АППАРАТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ

Ю. В. СЕМИНА, В. В. НАДВОЦКАЯ

На этапе изучения современного нефтегазового промысла выявлено, что добывающее предприятие имеет цель построения системы мониторинга и дистанционного управления объектами, расположенными на кусте нагнетательных скважин, объединяющей кустовые датчики, контроллер, телеметрию, счетчики электроэнергии и другие приборы в единую сеть передачи данных [1].

Цель работы – анализ и подбор аппаратного обеспечения информационно-измерительной системы (ИИС) по контролю поддержания пластового давления по техническим и метрологическим характеристикам. В итоге мы ожидаем получить единый информационно-вычислительный комплекс из конфигурации ИИС нагнетательной скважины.

На рисунке 1 приведена структурная схема предлагаемой ИИС, где в упрощенном виде представлено размещение объектов блоками.

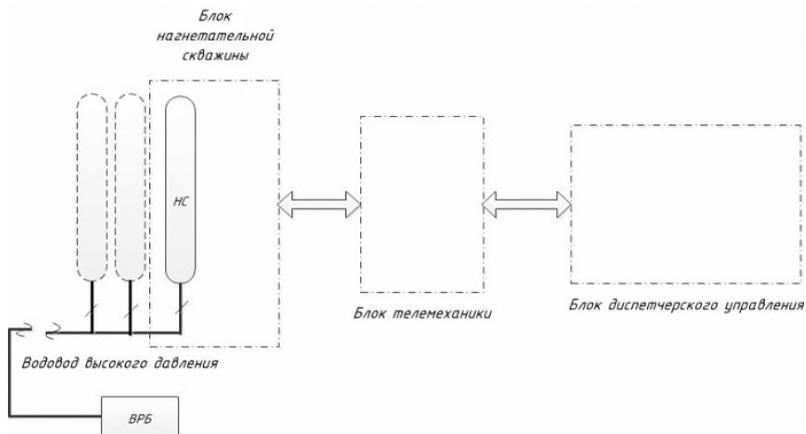


Рисунок 1 – Структурная схема информационно-измерительного
комплекса ППД

Подбор аппаратного обеспечения будет связан с правилами структурного согласования элементов схемы, приводя её к функциональному виду.

Согласование элементов в структуре схемы основано на технических и метрологических характеристиках, способу взаимодействия входящих в неё элементов. Так как в системе предполагается оснащение приборами, передающими информацию по беспроводному каналу связи, то главные характеристики для согласования следующие:

- протокол беспроводной передачи данных;
- пропускная способность;
- рабочая частота беспроводного канала;
- работоспособность при сложных метео условиях;
- автономное питание;
- высокий показатель надежности;
- простая настройка и эксплуатация;
- взаимодействие с верхним программным уровнем АСУ ТП

SCADA.

Во избежание сложностей настроек взаимодействия используем оборудование одного производителя. Важна упрощенность и меньшая затратность времени монтажа. Предпочтение беспроводной передачи информации подразумевает не только выстраивание маршрутизации, но также автономность питания измерительного прибора. Необходимо исключить ситуации отказа работы прибора не менее, чем за 2000 часов, т. к. мы стремимся как можно более автоматизировать работу, а также исключить обслуживание сети только по выезду оператора на добывающую площадку.

На наш взгляд, наиболее подходящим оборудованием, отвечающим указанным требованиям, является оборудование производителя EMERSON, датчики линии Rosemount. Дополнительным преимуществом является то, что оборудование выпускается отечественным производителем Метран, что не затруднительно для поставки и оснащения предприятий по территории РФ [2].

Следующее, что учитывается при разворачивании сети – это безопасность передачи данных. При выборе оборудования рассмотрены преимущественно приборы, обеспечивающие надёжность и защищённость передачи информации разными способами:

- идентификация уникальным ключом шифрования длиной 128 бит;
- код проверки целостности сообщения (MIC);
- определенный контрольный временной интервал.

Одним из основных факторов для беспроводной сети будет совместимость элементов по пропускной способности канала связи (бит/с). Период обновления информации с прибора задаётся пользова-

телем. Процесс закачки рабочего агента (воды) в пласт породы не требует частого обновления данных, достаточно будет получать информацию с приборов 2–3 обновления в минуту.

Ранее мы определили, какие измерительные приборы и в каком количестве будут оборудовать нагнетательную скважину. На рисунке 2 представлена функциональная схема оборудования НС с указанием параметров, которые должны быть переданы оператору: давление, расход, температура.

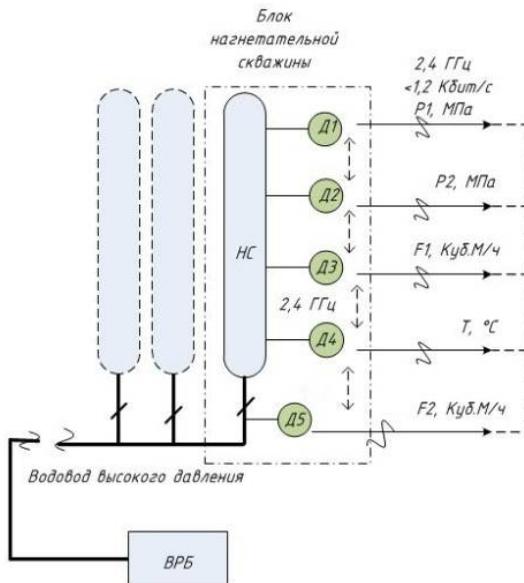


Рисунок 2 – Функциональная схема оборудования нагнетательной скважины

На схеме рисунка 2 также указан объем информации в единицу времени. Каждый прибор посылает около 30 бит/с. По нашим подсчётам необходимо стабильно отсылать 1,2 Кбит/с с каждой нагнетательной скважины.

Информационный шлюз, который служит связующим элементом информационно-вычислительного комплекса (ИВК) нагнетательной скважины и офисом операторского управления, способен таким образом поддерживать связь с количеством датчиков до 100 штук. Это является разумно достаточным ресурсом для поддержания работы ИВК нескольких нагнетательных скважин, водозаборов и блока гребёнки насосов, входящих в систему водозабора.

В технической документации к измерительным приборам и шлюзу передачи данных от Emerson указан протокол беспроводной передачи данных WirelessHart, работающий на частоте 2,4 ГГц. Частота не требует получения разрешения и регистрации. Пропускная способность будет зависеть от наличия шумов и препятствий.

Радиус действия в пределах ста метров достаточен для взаимодействия полевых приборов. При большей удалённости от площадки возможно применять промышленные мегагерцовые модемы [3].

Беспроводные радиомодемы RMD400 позволяют строить цифровые сети передачи данных с топологией «точка-многоточка», со скоростью передачи, соответствующей структурному согласованию элементов в схеме. Безлицензионные радиомодемы используют непосредственное соединение между собой или через радиомодем-ретранслятор без подключения к сотовым сетям. Модемы работают в диапазоне частот 433 МГц с выходной мощностью 10 мВт, что позволяет создавать радиосеть без получения разрешений. Абонентская плата за использование и плата за трафик также отсутствует [4].

Коммутатор объединяет линии, повторители и ретрансляторы решают проблему расширения радиуса действия сети и обхода топологических и метеорологических препятствий.

Управление современным предприятием всё более автоматизируется SCADA средой. Немаловажный фактор возможности интеграции приборов со SCADA также был учтён в исследовании рынка измерительных приборов. Данные автоматически приходят в АРМ оператора через OPC сервер. Программное обеспечение приборов линейки Rosemount позволяет интегрироваться с любой из основных популярных применяемых SCADA сред. ИИС нашего проекта может успешно взаимодействовать с проверенной и надёжной TRACE MODE [5].

Заключение. В работе определено аппаратное обеспечение нагнетательной скважины поддержания пластового давления. Следование правилам структурного согласования элементов информационно-измерительной системы позволило определить наиболее подходящее по техническим характеристикам и совместимости рабочей частоты канала связи рабочее оборудование. Измерительные датчики производителя EMERSON линейки Rosemount уверенно зарекомендовали себя в применении на современном нефтедобывающем производстве. Увеличение радиуса действия беспроводной сети передачи данных промышленными радиомодемами РМД400 позволяет удалённо управлять процессом из офиса с АРМ оператора. Проект информационно-измерительной сети применим для нефтедобывающего предприятия, в том числе в сложных погодных и географических условиях.

Литература. 1. Типовые решения для куста скважин на основе технологии «Беспроводных сенсорных сетей». [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа : https://crossgroup.su/solutions/oil/well_cluster.html. – Загл. с экрана (дата обращения: 12.03.2019). **2.** Emerson, Опыт применения беспроводных технологий в промышленности [Текст] : пособие – Режим доступа : http://www.vsp-co.org/assets/wireless_applications_ru.pdf. – 2014 – 86 с. : ил. **3.** Шлюз беспроводной сети WirelessHART Fieldgate SWG70 : Техническое описание / ООО «Эндресс+Хаузер». – Москва, 2017. – 8 с. : ил. **4.** Радиомодемы, роутеры. Форум АСУ ТП [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа : <http://iprog.pp.ru/forum/read.php?f=1&i=56578&t=56578&v=f>. – Загл. с экрана (дата обращения: 12.03.2019). **5.** Руководство пользователя Трейс Моуд. Версия 6.0. М. : AdAstra Research Group, Ltd. – 2010. – 814 р.

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», кафедра информационных технологий, к.п.н., доцент Надвоцкая В. В. nadvotskaya7@mail.ru, тел. 29-09-13.*

УДК 004.738.2

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ С ПОМОЩЬЮ BLUETOOTH-МАЯЧКОВ

А. А. ПИЛЕЦКИЙ, А. Г. ЗРЮМОВА, П. А. ЗРЮМОВ

Актуальность ориентации человека внутри больших и сложно-устроенных помещений очень велика. К таким помещениям можно отнести большие торговые центры, больницы, спортивные комплексы, учебные заведения и другие. Навигация по таким сложным помещениям, как правило, реализована с помощью рекламных и информационных плакатов и указателей на входе и основных переходах внутри здания [1]. Недостатком такой информационной среды является низкий уровень восприятия информации, посетитель торгового центра, как правило, при входе в помещения не изучает план эвакуации или структуру самого торгового центра. Поэтому разработка навигационной системы, основанной на ориентации внутри помещения с помощью Bluetooth-маячков, является актуальной задачей, особенно востребованной для обеспечения эвакуации людей при чрезвычайной ситуации в здании.

Bluetooth-маячок представляет собой миниатюрное портативное устройство, которое способно транслировать через одинаковые промежутки времени служебную информацию. В служебную информацию входит уникальный идентификатор маячка и параметр TXPower, он обозначает силу передаваемого сигнала на расстоянии 1 метра от маячка. Данный параметр измеряется и устанавливается производителем. По этому параметру в идеальном случае можно определить точное расстояние от устройства, принявшего сигнал, до передавшего его маячка [2].

Для системы навигации, построенной с помощью одного маячка, сложно сделать корректные выводы о местоположении человека в пространстве, поэтому было принято решение использовать минимум 3 маячка, чтобы на основе триангуляции определить точное положение сотового телефона пользователя между этими маячками.

Все данные о маячках транслируются на сервере, где формируется база данных. К этим данным относятся уникальный идентификатор маячка и его местоположение на карте. Карта помещения также хранится на сервере. При запуске приложение автоматически загружает с сервера всю необходимую информацию, отрисовывает карту с помощью OpenGL и начинает поиск сигналов от маячков.

Таким образом, при замене или удалении любого маячка, необходимо будет просто обновить данные на сервере.

При нахождении трех сигналов, система сверяет полученные от них идентификаторы и определяет их координаты на основе данных, полученных от сервера. Затем, на основе текущей мощности полученного сигнала от каждого из датчиков и значения TXPower, программа определяет положение устройства, относительно маячков, с которых пришел сигнал. Дизайн карты представлен на рисунке 1.

Также для определения положения устройства относительно сторон света будет использован магнитометр, встроенный в смартфон. Таким образом, на карте будет отображено направление смартфона и его положение в пространстве.

Приложение создается в среде разработки Android Studio [3], т. к. оно удовлетворяет всем необходимым требованиям, а именно:

- возможность разработки приложений для платформы android с поддержкой языка программирования Java;
- возможность проектирования визуального интерфейса приложения, используя среду разработки;
- возможность установки приложения на реальное устройство, а также проверка работы на виртуальном эмуляторе;
- возможность отладки приложения.

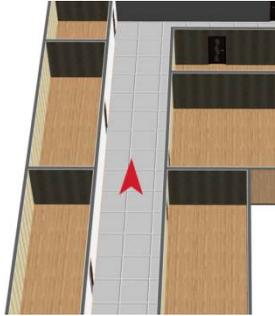


Рисунок 1 – Визуализация карты помещения в приложении

Общий алгоритм работы информационной системы контроля местоположения:

1. Загрузка мобильного приложения на телефон пользователя.
2. Запуск мобильного приложения.
3. Отправка запроса с телефона пользователя на сервер.
4. Загрузка с сервера обновленных идентификационных данных о местоположении маячков и карты помещения.
5. Поиск всех доступных маячков, транслирующих сигнал в зоне доступа.
6. Получение информации об ориентации по полюсам Земли.
7. Вычисление местоположения по сигналу от Bluetooth-маячков.
8. Отрисовка местоположения и движения пользователя

Вывод. Проведенный анализ показал, что реализация системы навигации на основе Bluetooth-маячков возможна. Для достоверного контроля местоположения пользователя необходимо использовать алгоритм на основе триангуляции. В качестве среды разработки мобильного приложения выбрана Android Studio. Предложенная система может применяться для организации эвакуации из крупных торговых центров, учреждений здравоохранения, образовательных учреждений, как дополнительный наглядный информационный ресурс, который всегда есть у посетителя.

Литература. 1. Разработка программного обеспечения информационной системы для контроля посещаемости студентов с помощью технологии beacon : материалы 11 Международной конференции «Виртуальные и интеллектуальные системы – ВИС-2018» / Е. А. Зрюмов [и др.] // Ползуновский альманах. – 2018. – № 4. – С. 104–107. 2. Getting Started with iBeacon [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.developer.apple.com/ibeacon/Getting-Started-with-iBeacon.pdf>. – Загл. с экрана. (Дата обращения: 29.04.2019). 3. Android Studio Over-

view [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.developer.apple.com/ibeacon/Getting-Started-with-iBeacon.pdf>. – Загл. с экрана. (Дата обращения: 29.04.2019).

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», к. т. н., доцент Зрюмова Анастасия Геннадьевна, тел. (385-2) 29-09-13. E-mail: a.zrumova@mail.ru.*

УДК 004.021; 577.3

ВОЗМОЖНОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ СТУДЕНТАМИ РАЗЛИЧНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ В ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМАХ

С. В. МЕЛКОМУКОВ, А. Н. ТУШЕВ

Принятие решений – это процесс, которым любой человек занят изо дня в день, делая выбор в определенных условиях и имея определенные факты. И порой не всегда выбранное решение является удовлетворяющим требованиям задачи. Иногда требуется решение типовой задачи, которое целесообразно оптимизировать с помощью экспертной системы [1].

Целью работы является разработка комплекса программ, предназначенного для решения следующей задачи – обучение подготовленного пользователя (студента, знающего язык Python) алгоритмам, реализующих 2 основных механизма принятия решения – механизм экспертной системы, основанной на фактах и правилах, и механизм, основанный на Байесовском подходе. Комплекс состоит из 4 программ, написанных на языке Python версии 3.7.1, где 2 программы позволяют создавать и редактировать базу знаний для каждого механизма, а оставшиеся 2 – запускать и тестировать полученные экспертные системы. Рассмотрим их более детально.

Механизм экспертной системы, основанной на фактах и правилах, создает в базе знаний структуру, в которой отдельно выделяются логически связанные группы элементов: начальные факты и их возможные значения, вопросы к начальным фактам и правила, на основе которых экспертная система выявляет новые факты. Принцип работы экспертной системы с данным механизмом заключается в том, что сначала программа собирает с пользователя начальные факты, а затем, используя эти данные и правила, устанавливает новые факты, пока не будет установлено значение нужного параметра (факта) [2].

Экспертные системы данного типа имеют много практических применений в решении различных важных задач, таких, например, как диагностика, прогнозирование, планирование, обучение и других [3].

Такие экспертные системы легко могут находить применение в различных отраслях, где значение каждого начального факта – это один определенный вариант из всех возможных. На рисунках 1, 2, а и 2, б приведены примеры данных из файлов от экспертной системы определения времени жизни в годах с учетом начальных данных.

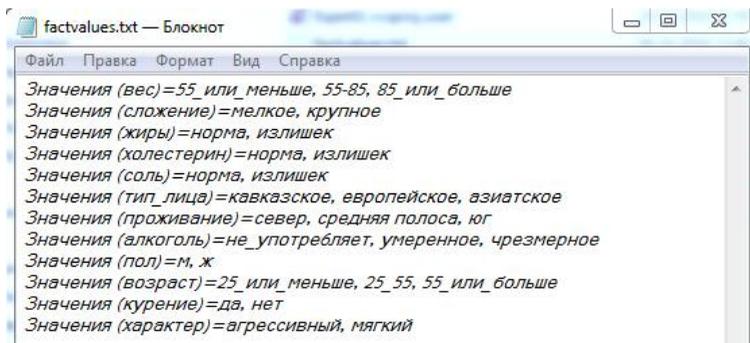
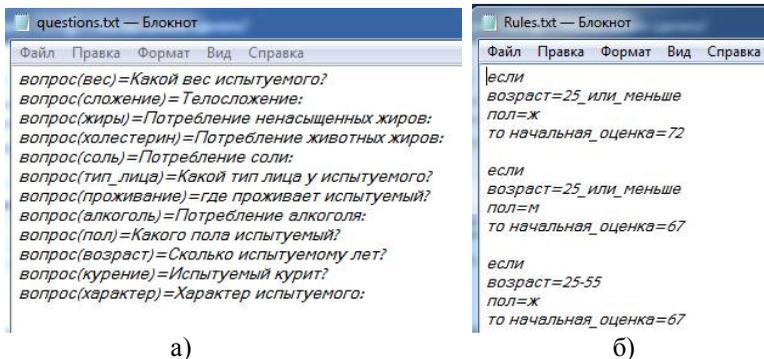


Рисунок 1 – Файл с параметрами (указаны в скобках) и их возможными значениями (идут после равно и перечисляются через запятую)



а)

б)

Рисунок 2 – а) – содержимое файлов с вопросами для получения данных параметра в скобках; б) – список правил, по которым выводятся новые факты

Также следует уделить внимание шаблону хранения каждого правила в файле, в котором факты, заключенные между ключевыми словами «Если» и «То ...», могут быть связаны между собой логическим опе-

ратором AND или OR (также в дальнейшем возможно усовершенствование шаблона, если добавить отрицание факта). В данном шаблоне оператор AND не указывается явно, а выражен переносом следующего факта на новую строку, однако OR нужно указывать явно между фактами либо в одной строке, либо между строк. Данное решение позволяет реализовывать любую логическую связку на данных операторах и объединять в одно правило несколько простых, что делает его более понятным для разработчика экспертной системы. На рисунках 3, а и 3, б представлены интерфейсы программ-редакторов с 2 различными механизмами экспертной системы: основанной на фактах и правилах, на Байесовском подходе.

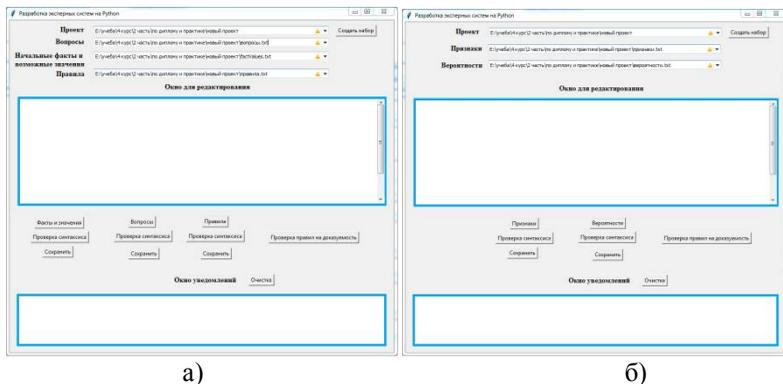


Рисунок 3 – Интерфейс программ экспертных систем с механизмом:
 а) основанном на фактах и правилах;
 б) основанном на Байесовском подходе

Механизм экспертной системы, основанной на Байесовском подходе, создает в базе знаний структуру, в которой отдельно выделяются логически связанные группы элементов: события с апостериорными вероятностями и вопросы, относящиеся к признакам, влияющих на события. На рисунках 4, а и 4, б приведены примеры файлов из экспертной системы определения заболевания у больного.

В файле с событиями для каждого из них содержится его имя, вероятность возникновения по отношению к остальным, а далее идут строки по шаблону: номер признака, вероятность события, если признак есть и вероятность события при отсутствии признака. Признаком конца перечисления служит «999».

Принцип работы экспертной системы с данным механизмом заключается в том, что программа отбирает часто встречающийся признак среди событий и задает по нему вопрос, где ответом является це-

лое число от -5 до 5 включительно и, получив ответ, для каждого события, где встречается данный признак, происходит перерасчет его вероятности возникновения. Затем для оставшихся событий вычисляются вероятностные диапазоны, и если их максимальные значения меньше, чем изначально определенные вероятности событий, то события исключаются и уже среди оставшихся событий цикл повторяется до тех пор, пока не останется 1 событие или события перестанут исключаться, тогда в этом случаи выбирается событие с большей вероятностью [4].

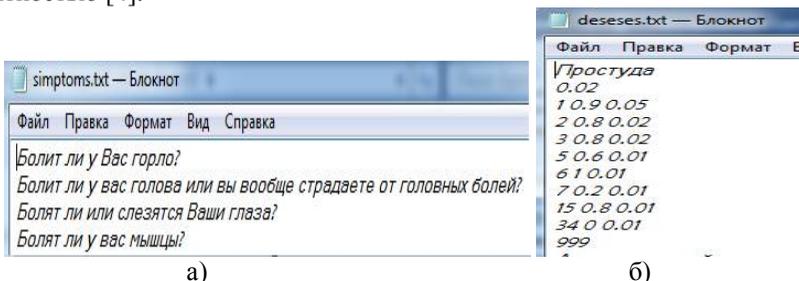


Рисунок 4 – Содержимое файлов: а) с вопросами, которые будут заданы пользователю для получения данных признака; б) список событий (болезней) с вероятностями

На рисунке 4, б представлен интерфейс программы-редактора с механизмом экспертной системы, основанной на Байесовском подходе.

На рисунках 5, а и 5, б изображены интерфейсы программ для запуска и отладки экспертных систем.

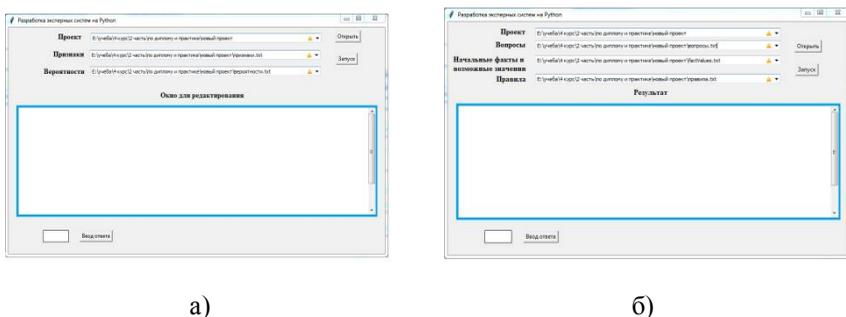


Рисунок 5 – Интерфейс программ для запуска и отладки экспертных систем с механизмом: а) основанном на фактах и правилах; б) основанном на Байесовском подходе

Разработанный комплекс программ используется в учебном процессе в курсах по искусственному интеллекту направлений «Информатика и вычислительная техника» и «Программная Инженерия». Он также может использоваться для самообразования по искусственному интеллекту и для проведения собственных исследований по экспертным системам.

Литература. 1. Современные проблемы кибернетики. – М. : Знание, 2016. – 909 с. **2.** Лорьер, Ж.-Л. Системы искусственного интеллекта / Ж.-Л. Лорьер. – Москва : Мир, 2010. – 568 с. **3.** Нейлор, К. Как построить свою экспертную систему / К. Нейлор, Н. Н. Слепов. – Москва : Энергоатомиздат, 1991. – С. 237–242. **4.** Экспертные системы. Принципы работы и примеры : пер. с англ. /А. Брукинг [и др.] ; под ред. Р. Форсайта. – Москва : Радио и связь, 1987. – 9 с.

Реквизиты для справок: студент факультета информационных технологий Мелкомуков С. В., тел. моб. +7-905-925-32-74. E-mail: privet.19973@yandex.ru.

УДК 681.518.52:669

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ФЕРРОАЛЮМИНИЕВЫХ БРИКЕТОВ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА

Т. В. КОТЛУБОВСКАЯ, М. В. КЛЮКИНА

Металлургия – одна из важнейших отраслей промышленности, дающая возможность использовать металл не только в чистом виде, но и изменять его свойства, производя различные сплавы. Это позволяет спроектировать и создать материал с более широкими возможностями, нежели чистый металл [1].

Содержание металлов в различных средах может определяться рядом методов химического и физико-химического анализа – весовым (гравиметрическим), спектральными, электрохимическими и др. Все методы можно условно подразделить на три группы: химические, физические и физико-химические. Последние два метода можно объединить в один – инструментальный, т. к. провести четкую грань между ними зачастую затруднительно.

Методы химического анализа часто требуют использования сложного в обращении оборудования, большого количества времени для проведения анализа и специально подготовленного персонала.

Большинство инструментальных методов, таких как спектрометрические и хроматографические методы, также могут требовать наличия сложного оборудования и проведения затратных по времени исследований.

Метод взвешивания, относящийся к группе инструментальных, выделяется на их фоне за счет того, что для проведения анализа могут быть использованы лишь точные лабораторные весы. Он позволит произвести точный и быстрый анализ исследуемого вещества. После получения массы измеряемого образца можно будет рассчитать процентное содержание его составляющих компонентов. Выводы о качестве исследуемого образца формулируют из полученных данных и произведённых расчетов [2].

Целью работы является разработка автоматизированной системы контроля качества ферроалюминиевых брикетов в процессе производства.

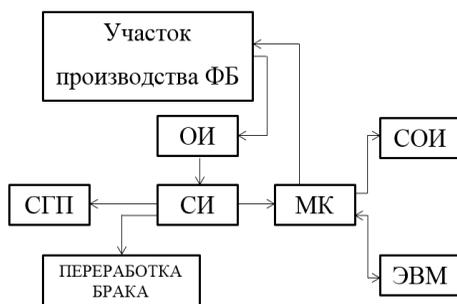
На рисунке 1 представлена функциональная схема разработанной системы, состоящая из блоков, отвечающих за процесс производства ферроалюминиевых брикетов и блоков, отвечающих за измерение и контроль информативных параметров [1].

В представленной системе контроль качества ферроалюминиевых брикетов (ФБ) реализован с помощью гравиметрического анализа.

Для сбора и обработки данных использовалась отладочная плата модели Arduino UNO R3.

В качестве средства измерения были использованы тензометрические весы модели DL-1200 с ценой деления 0,01 г, класс точности – высокий. Весы оснащены цифровым выходом, поэтому результат измерения отправляется на микроконтроллер без использования дополнительного оборудования.

В качестве средства отображения информации применялся жидкокристаллический модуль МТ-12232А.



ОИ – объект измерения (брикет); СИ – средство измерения;
 МК – микроконтроллер; СГП – склад готовой продукции;
 СОИ – средство отображения информации;
 ЭВМ – электронно-вычислительная машина

Рисунок 1 – Обобщенная функциональная схема автоматизированной системы контроля качества ФБ в процессе их производства

Для представленной ИИС (рисунок 1) на базе операционной системы Windows было создано программное обеспечение с помощью среды разработки Visual Studio 2017. Приложения в данной среде разрабатываются на объектно-ориентированном языке программирования C#.

При введении массы ферроалюминиевого брикета происходит проверка на соответствие его требованиям, предъявляемых к качеству подобных изделий. Если качество брикета оказывается ненадлежащим, то программа производит расчет, после которого выдается рекомендация по добавлению в смеситель недостающего компонента [3].

Отпрессованный ферроалюминиевый брикет представляет собой смесь из стружки алюминия и стружки низкоуглеродистой стали. У качественного брикета процентное содержание алюминия не должно превышать 30 %.

Для установления зависимости массы брикета от процентного соотношения компонентов смеси был проведен эксперимент на базе роторного гидравлического пресса GTI-2000. За один цикл отпрессовываются по три брикета: левый, средний и правый.

В ходе проведения экспериментальных исследований были рассмотрены ферроалюминиевые брикеты со следующими соотношениями компонентов смеси (алюминиевой и стальной стружек):

- 0,25/0,75 % (партия № 1);
- 0,33/0,67 % (партия № 2);
- 0,4/0,6 % (партия № 3).

Образцы были исследованы на соответствие требованиям качества с помощью весового метода. Всего было рассмотрено 54 ферроалюминиевых брикета. После получения масс всех брикетов была произведена статистическая обработка данных. Обработанные результаты испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты испытаний

Партия №	Левый брикет	Правый брикет	Средний брикет
	m _{ср} , грамм		
1	417,00±1,06	420,15±1,37	420,12±1,05
2	392,00±1,07	395,78±0,82	395,75±1,46
3	371,67±1,15	374,62±1,49	373,93±1,17

Из таблицы видно, что существует зависимость массы брикета от процентного соотношения компонентов смеси: чем выше содержание алюминия в брикете, тем он легче и наоборот. Экспериментальные исследования подтвердили эффективность разработанного метода.

Таким образом, предложенный метод контроля качества ферроалюминиевых брикетов позволяет контролировать процентное соотношение компонентов смеси, не выработывая ее до конца. Разработанная автоматизированная система контроля качества ферроалюминиевых брикетов на основе представленного метода позволит проводить экспресс-анализ процентного соотношения компонентов смеси. Внедрение разработанной системы в производственный процесс поможет уменьшить количество изготовленных брикетов ненадлежащего качества. Уменьшение производственного брака снизит затраты производства и увеличит его эффективность.

Работа выполнена при поддержке ООО «ГазобетонПромТехнологии» г. Барнаула.

Литература. 1. Котлубовская, Т. В. Разработка проекта экспресс-контроля качества ферроалюминиевых брикетов в процессе производства / Т. В. Котлубовская, И. А. Котлубовский, М. В. Клюкина // Ползуновский альманах. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2017. – № 4. – С. 167–169. 2. Котлубовская, Т. В. Методы исследования многокомпонентных материалов / Т. В. Котлубовская, М. В. Клюкина // Горизонты образования. Научно-образовательный журнал АлтГТУ, выпуск 20. – 2018. – Электронный ресурс. – Режим доступа : http://edu.secna.ru/media/f/inf_measuring_tech_technology_tez_2018.pdf. 3. Котлубовская, Т. В. Разработка алгоритма корректировки компонентного состава ферроалюминиевых брикетов / Т. В. Котлубовская, М. В. Клюкина // Горизонты образования. Научно-образовательный журнал АлтГТУ. – Вып. 20. – 2018г. – Электронный ресурс. – Режим доступа : http://edu.secna.ru/media/f/inf_measuring_tech_technology_tez_2018.pdf.

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», кандидату технических наук, доценту, Котлубовской Т. В., тел.:(3852) 290913. E-mail: tavikot2010@mail.ru.*

УДК 004.89

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ СИСТЕМЫ «ЧЕЛОВЕК – ЭЛЕКТРОУСТАНОВКА – СРЕДА» НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

С. С. АФОНИН, А. Н. ТУШЕВ

В настоящее время повсеместно наблюдается многочисленное использование электроустановок. Однако непосредственный контакт человека с данным видом оборудования и воздействие на него рабочей

среды нередко приводят к опасным техногенным ситуациям. Соответственно, возникает необходимость разработки метода проведения оценки возможных рисков.

Целью данной работы является разработка программного обеспечения, использующего нейронные сети глубокого обучения для оценки рисков системы «человек – электроустановка – среда».

Под рискообразующими факторами обычно понимают сущность процессов или явлений, способствующих возникновению того или иного вида риска и определяющие его характер [1]. После изучения литературы было принято решение использовать деление рискообразующих факторов на три группы: человеческий фактор, электроустановка, среда.

На вход нейронной сети нужно подать вектор из рискообразующих факторов. Размерность входного вектора будет равна тридцати двум: двенадцать факторов для человеческого фактора, восемь для факторов, связанных с состоянием электроустановки и двенадцать факторов, отражающих статус среды.

Значения выходного слоя будут соответствовать качественной оценке риска по пятибалльной шкале: от «очень низкий», до «очень высокий».

В результате нейронная сеть принимает вид, изображенный на рисунке 1.

Значения выходного слоя Y_1 соответствуют оценке выходного риска «очень низкий», Y_2 – «низкий», Y_3 – «средний», Y_4 – «высокий», Y_5 – «очень высокий».

В качестве среды для разработки было выбрано программное обеспечение Microsoft Visual Studio 2015 и язык программирования – C#.

Для определения наиболее эффективных параметров сети были выполнены тесты. Оценка качества работы проводилась по итоговой средней ошибке выборки.

Чтобы узнать оптимальное количество слоев использовались следующие неизменяемые параметры: время обучения – 100 с, общее число нейронов – 30, шаг обучения – 0,1. При увеличении числа слоев увеличивалась и ошибка, следовательно, для задачи оценки рисков эффективнее использовать однослойную сеть.

Следующий исследуемый параметр – функция активации нейрона. Тесты проводились на логистическом сигмоиде, гиперболическом тангенсе и ReLU. Тестирование выявило, что ReLU показывает лучшие результаты, по сравнению с остальными рассматриваемыми функциями.

Также возможно улучшение работы сети с помощью метода стохастического градиента. Использование данного метода неэффективно

для малых обучающих данных, но при размере выборки от 500 векторов стохастический градиент приводит к улучшению обучения нейронной сети.

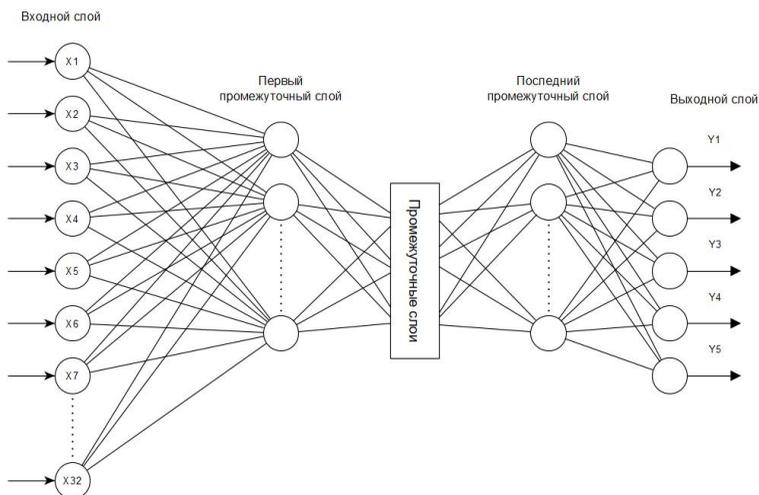


Рисунок 1 – Структура нейронной сети

Дальнейшая попытка увеличить выборку до 4000 вызывает попадание функции ошибки в локальный минимум. Для того чтобы избежать этой ситуации, можно использовать сверточные сети. При использовании данного вида сетей также удалось уменьшить время обучения и величину ошибки.

В результате работы было создано программное обеспечение для оценки рисков системы «человек–электроустановка-среда». В разработанном программном обеспечении используются различные методы обучения. В результате исследования было обнаружено, что на малых размерах выборки лучшие результаты показывают однослойные нейронные сети, использующие в качестве функции активации – ReLU-функцию. При увеличении обучающих данных до 500 векторов рекомендуется использовать метод стохастического градиента. В случае, если количество обучающих данных достигает значения 4000, следует использовать сверточную сеть.

Литература. 1. Соколов, Ю. А. Система страхования банковских рисков / Ю. А. Соколов, Н. А. Амосова. – Москва : ООО «Издательство Элит», 2003. – С. 16. **2.** Никольский, О. К. Теория и практика управления техногенными рисками / О. К. Никольский [и др.]. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2015. – 219 с. **3.** Никольский, О. К. Использование аппарата темпоральной логики для управления техногенными рисками

в человеко-машинных системах / О. К. Никольский, А. Н. Тушев, Л. Ю. Качесова // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – № 3. – Т. 31. 4. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс : пер. с англ. ; 2-е изд. / С. Хайкин. – Москва : Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с. : ил. – Парал. тит. англ.

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», кафедра ИВТиИБ, Тушев А. Н., к.т.н., доцент. E-mail: tushev51@mail.ru.*

УДК 681.518.52:691:620.19

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ТРОТУАРНОЙ ПЛИТКИ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА

Т. В. КОТЛУБОВСКАЯ, С. В. ГОРЕНКОВ

Тротуарная плитка на протяжении нескольких десятков лет остаётся одним из самых востребованных материалов для создания дорожного покрытия. Наибольшее распространение она получила среди строителей, занимающихся мощением тротуаров, пешеходных дорожек или улиц со смешанным приоритетом.

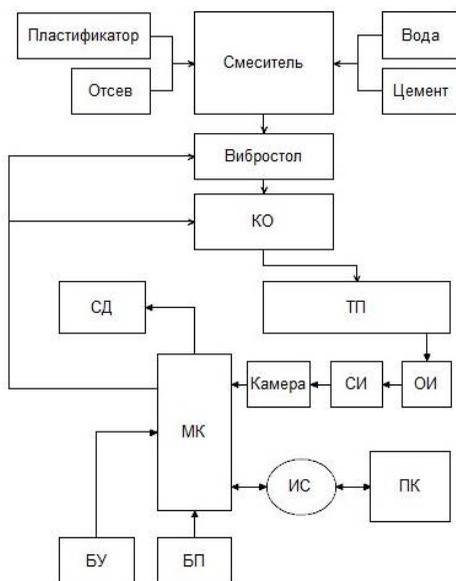
Среди предприятий, занимающихся производством плитки, наиболее популярными способами её производства являются вибропресование и вибротитьё. В обоих случаях основным сырьём для изготовления плитки является смесь цемента с инертным наполнителем (отсев, щебень, песок), пластифицирующего агента и воды, более широко известная как бетон. Использование такого материала влечёт за собой риск возникновения характерных для него дефектов. Это может означать только одно: каждая партия бетонной плитки, независимо от количества плитки в ней, будет содержать какой-то процент бракованной продукции. И эта часть выпущенной партии не должна попасть в руки покупателя. Именно поэтому следует использовать систему контроля качества тротуарной плитки в процессе производства, так как это позволит защитить репутацию предприятия и обеспечить потребителя качественным продуктом [1].

Резюмируя всё вышесказанное, можно сформулировать **цель работы**. Она заключается в разработке проекта автоматизированной системы контроля качества тротуарной плитки в процессе производства.

Представленная на рисунке 1 функциональная схема разрабатываемой автоматизированной системы контроля реализует оптический метод определения качества. Этот метод является неразрушающим, что позволяет проверять с его помощью всю выпускаемую продукцию

без ущерба для её состояния. В отличие от других методов, именно оптический обеспечивает достаточную точность, устойчивость к внешнему воздействию и относительную доступность для реализации [2].

Основой функциональной схемы является микроконтроллер – устройство, отвечающее за обработку сигналов, поступающих с сенсоров и датчиков. Его основная задача – выполнять обработку полученного с камеры изображения, и на основании этого выводить определённый сигнал на светодиод. В качестве микроконтроллера использовано устройство на базе микропроцессора семейства ARM (поскольку AVR и Arduino на базе микропроцессоров семейства ATmega будут слишком долго исполнять поставленную задачу). Принцип воплощения поставленных задач для микроконтроллера представлен в виде программного кода, разработанного в среде C# и протестированного в Visual Studio 2015 от Microsoft [3].



БУ – блок управления; БП – блок питания; МК – микроконтроллер;

СД – сигнализирующий диод; СИ – средство измерения;

Камера – захватывающий изображение чувствительный элемент;

ОИ – объект исследования; ИС – интерфейс связи; ПК – персональный компьютер; КО – камера отверждения; ТП – тротуарная плитка

Рисунок 1 – Функциональная схема автоматизированной системы контроля качества тротуарной плитки в процессе производства

Основным датчиком системы является камера. Она располагается над конвейером и захватывает изображение с тротуарной плиткой. Для лучшей точности следует использовать сенсор как можно большего разрешения, однако, чем больше разрешение камеры, тем большей должна быть производительность микропроцессора. Оптимальным решением станет камера OV7670, разрешением 640x480 пикселей.

Блок питания отвечает за подачу электричества на разрабатываемую систему. Планируется использовать базовый блок питания, предоставляющийся в комплекте с микроконтроллером. Что касается блока управления, то его задача заключается в запуске системы контроля качества и контроле процесса производства. Для этого подойдёт любой блок управления, совместимый с выбранным микроконтроллером.

В качестве сигнализирующего устройства выступает светодиод. Его задача – выдавать яркий световой сигнал в нужный момент времени. Особых требований к нему нет, поэтому для добавления в систему подойдёт любой RGB-светодиод, совместимый с микроконтроллером. С интерфейсом ситуация категоричнее: для связи с компьютером лучше всего использовать тип подключения USB из-за его универсальности и достаточной скорости передачи данных.

Для того чтобы определить, каким образом будет функционировать разрабатываемая система контроля качества, составлен алгоритм её работы, представленный на рисунке 2.

Выявление дефектов тротуарной плитки производится путем сравнения цветовой картинке различных участков плитки со средним цветом изображения.

Запуск программы осуществляется по нажатию на одну из кнопок БУ, после чего система проверяет наличие плитки на конвейере. В случае её отсутствия светодиод загорается красным цветом, а в случае наличия переходит к проверке следующего условия. Оно заключается в проверке получения изображения с камеры: если изображение успешно захвачено, то программа переходит к решению следующей задачи, если нет – светодиод вновь загорается красным.

Следующий шаг – определение среднего цвета полученного изображения. Для этого можно воспользоваться самым простым алгоритмом нахождения среднего значения. Чтобы его реализовать, необходимо проанализировать каждый пиксель изображения, выделить его яркость по каналам R, G и B, после чего сложить составляющие для всех пикселей и поделить на их количество. В результате будут получены средние значения по каналам R, G и B, которые и будут определять средний цвет полученной картинке.

Последним пунктом алгоритма является проверка полученного изображения на наличие участков, яркость которых по трём цветовым каналам сильно отличается от среднего цвета. Для этого необходимо попиксельно сравнить текущее значение цвета с полученным средним значением цвета. Если оно отличается от заданного на значение, больше заданного порога, то светодиод вновь загорается красным. Если на полученном изображении нет участков, цвет которых значительно отличается от среднего по изображению, то светодиод загорается зелёным цветом.

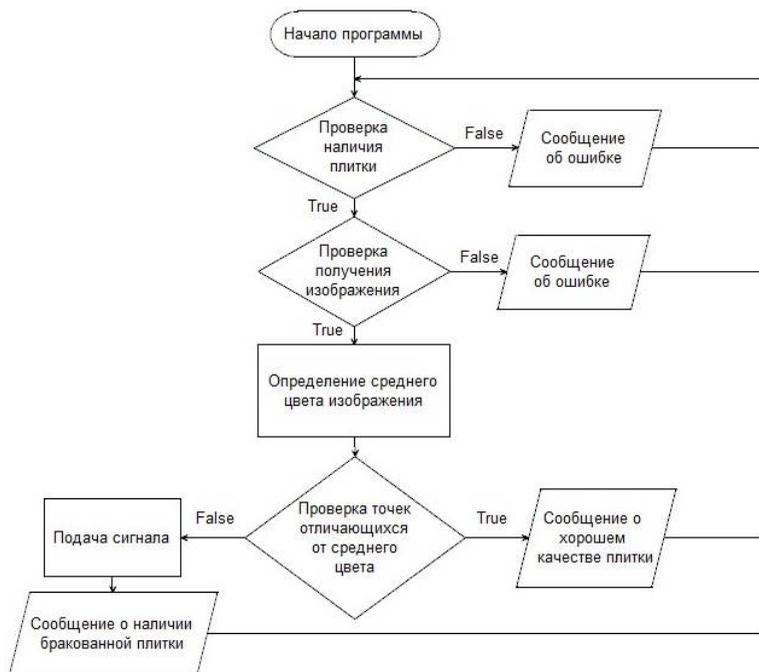


Рисунок 2 – Алгоритм работы системы контроля качества тротуарной плитки в процессе производства

Выводы: в ходе выполнения работы составлена функциональная схема системы контроля качества тротуарной плитки в процессе производства, определен состав программно-аппаратных средств, необходимых для разработки системы, а также разработан алгоритм её работы. Разработанный алгоритм позволяет определять некачественную плитку по захваченному камерой изображению, что может послужить хорошим инструментом для выявления бракованной тротуарной плитки на завершающем этапе производства для её последующего отсеивания.

В дальнейшем планируется практическая реализация системы контроля качества тротуарной плитки и проверка работоспособности системы.

Работа выполнена при поддержке ООО «Керамический», г. Барнаула.

Литература. 1. Тротуарная плитка: производство, продажа, укладка [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://kvantspb.com/proizvodstvo.html>. – Загл. с экрана. (Дата обращения 27.04.19). 2. Исследовательская группа «Безопасность и надёжность» [Электронный ресурс]. – Неразрушающий контроль. Методы неразрушающего контроля. – Режим доступа : <https://1-expertiza.ru/nerazrushayushchiy-kontrol/>. – Загл. экрана. (Дата обращения 27.04.19). 3. Таненбаум, Э. Архитектура компьютера ; 4-е изд. / Э. Таненбаум. – Питер, 2003. – 704 с.

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», кандидат технических наук, доцент, Котлубовская Т. В., тел.:(3852) 290913. E-mail: tavikot2010@mail.ru.*

УДК 681.518.52:691.3

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОМЕЩЕНИЯ

Т. В. КОТЛУБОВСКАЯ, М. Ю. ОСТАНИН

От микроклимата производственного помещения зависит не только самочувствие работников, но и качество выпускаемой ими продукции. Есть такие виды производства, где в любое время суток необходимо соблюдать определенный температурно-влажностный режим.

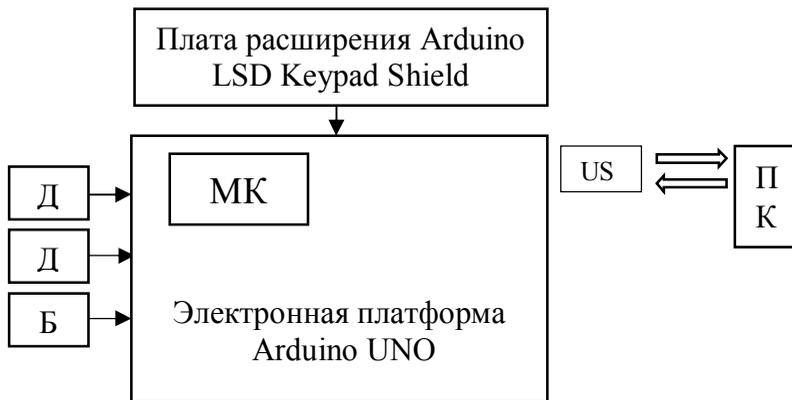
Тенденции, связанные с повышением требований к характеристикам разрабатываемых приборов, привели автоматизацию проектирования на абсолютно новый уровень, основывающийся на точном контроле всех параметров условий производства [1].

Целью работы является разработка автоматизированной системы контроля параметров микроклимата производственного помещения.

Разрабатываемая система предназначена для ООО «Керамический» г. Барнаула. Предприятие занимается изготовлением тротуарной плитки и нуждается в разрабатываемой системе для повышения качества изготавливаемой продукции и соблюдения условий ее дальнейшего хранения.

Для контроля выбраны наиболее важные при производстве тротуарной плитки параметры микроклимата – температура и влажность.

На рисунке 1 представлена функциональная схема разработанной системы контроля.



ДТ – датчик температуры; ДВ – датчик влажности;
МК – микроконтроллер; БП – блок питания;
ЭВМ – электронно-вычислительная машина

Рисунок 1 – Функциональная схема автоматизированной системы контроля параметров микроклимата производственного помещения

Алгоритм работы системы представлен на рисунке 2.

Система реализована на электронной платформе ArduinoUNO.

В качестве микроконтроллера использован микроконтроллер ATmega 328P. В систему включены датчики температуры и влажности модели DS1820 и DHT22, требующие для своего подключения наличия программного обеспечения Arduino IDE.

Для упрощения работы с жидкокристаллическими экранами подключена плата расширения для Ардуино LCD KeypadShield.

Для связи с компьютером используется протокол RS-232, предусмотрен тип подключения USB [4].

После подключения датчиков температуры и влажности, а также дисплея для отображения информации и автономного питания, была произведена финальная отладка программной части системы и проведено тестирование работы системы. Результат работы системы представлен на рисунке 3.

Из рисунка 3 видно, что показания датчиков температуры и влажности соответствуют допустимым (27 °C и 22,7 %). Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах различаются в зависимости от выполнения работ различных категорий в холодный и теплый периоды года [5]. Относительная влажность воздуха лежит в пределах от 15 % до 75 %, а температура от 13 °C до 29 °C.

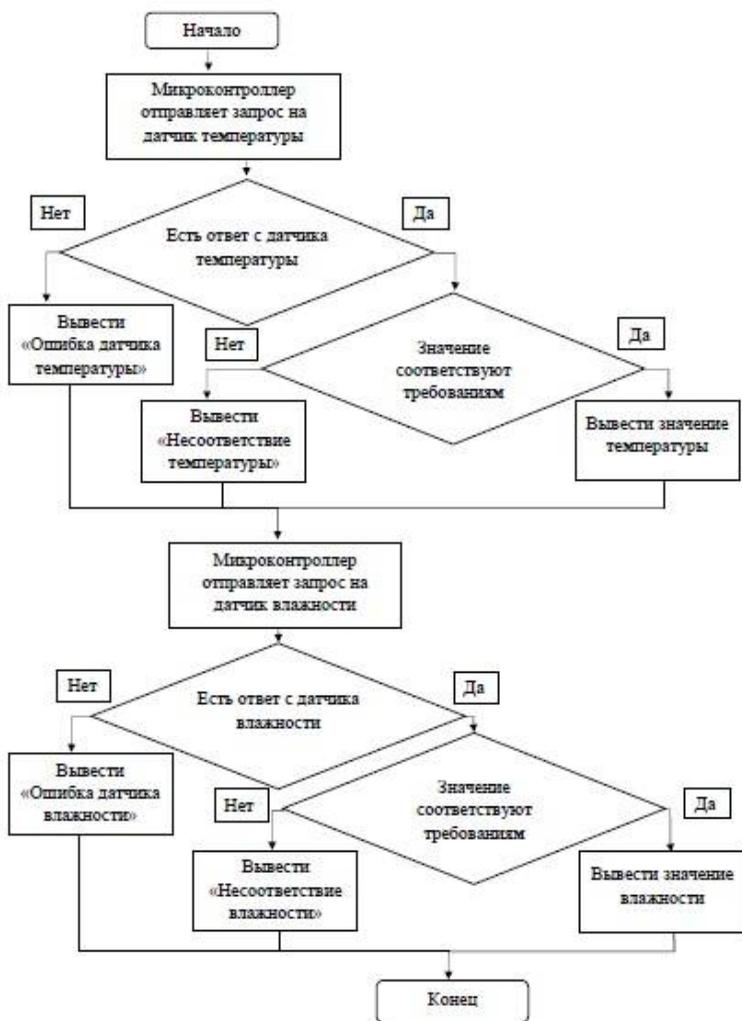


Рисунок 2 – Алгоритм работы системы

Таким образом, разработанная автоматизированная система контроля параметров микроклимата производственного помещения позволит вовремя отреагировать на изменение влажности и температуры, не допустив выхода этих параметров за заданные пределы. Температурно-влажностные условия особо важно соблюдать на этапе подго-

товки производства (хранения сырья), т. к. отсыревшее, или переохлажденное сырье не способно полностью реализовать свои свойства в изготавливаемом изделии.



Рисунок 3 – Результат работы системы

Внедрение разработанной системы в производственный процесс поможет уменьшить количество некачественной тротуарной плитки.

Работа выполнена при поддержке ООО «Керамический», г. Барнаул.

Литература. 1. Тенденции развития средств автоматизации для серийного и массового производства. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://scicenter.online/avtomatizatsiya-scicenter/tendentsii-razvitiya-sredstv-avtomatizatsii-122992.html>. – Загл. с экрана. (Дата обращения 11.04.19). **2.** Датчик температуры Arduino DS18B20 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://electshema.ru/drugoe/schityvaem-pokazaniya-datchika-ds18b20-ds18s20.html>. – Загл. с экрана. (Дата обращения 11.04.19). **3.** Обзор и подключение DHT11 (DHT22) датчика влажности и температуры. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arduinoplus.ru/obzor-i-podklyuchenie-dht11-dht22/>. – Загл. с экрана. (Дата обращения 11.04.19). **4.** Котлубовская, Т. В. Разработка системы контроля влажности, освещенности и температуры декоративных растений / Т. В. Котлубовская, В. В. Надвоцкая, О. Е. Романова // Ползуновский вестник, 2014. – Вып. 2. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2014. – С. 130–131. **5.** СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ntm.ru/control/37/6956>. – Загл. с экрана. (Дата обращения 11.04.19).

Реквизиты для справок: Россия, 656038, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», кандидат технических наук, доцент, Котлубовская Т. В., тел.:(3852) 290913. E-mail: tavikot2010@mail.ru.

4 ИЗМЕРЕНИЕ, КОНТРОЛЬ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАТИЗАЦИЯ В МЕДИЦИНЕ, ЭКОЛОГИИ И ОБРАЗОВАНИИ

УДК 374

САМОРЕАЛИЗАЦИЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ В ВИРТУАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ НА ОСНОВЕ LMS MOODLE

Е. А. ШИМКО, Р. М. УТЕМЕСОВ, К. В. СОЛОМАТИН,
А. Ю. ФИЛИМОНОВА

Эволюция образовательных технологий привела в настоящее время к появлению двух типов конкурирующих средств обучения – стандартизированных систем менеджмента процесса обучения (LMS типа MOODLE, Black Board, Sakai, отечественных систем: Прометей, Батисфера и др.) и вариативных персональных образовательных сред, создаваемых с помощью облачных сервисов Интернета [1, С. 27]. В зарубежной периодике последние получили названия сетевого образовательного окружения (online learning environment, OLE), виртуальной образовательной среды (virtual learning environment, VLE), персонального образовательного пространства (personal learning space, PLS), персональной образовательной среды (personal learning environment, PLE). Девять наиболее популярных открытых платформ (Atutor, Dokeos, dotLRN, ILIAS, LON-CAPA, Moodle, OpenUSS, Sakai, Spaghetti Learning) были проанализированы американскими исследователями по 34 параметрам, сгруппированным в восемь блоков: 1) инструменты управления учебным курсом; 2) возможности администрирования, 3) технические аспекты; 4) возможности адаптации; 5) удобство использования платформы; 6) управление данными пользователя; 7) объекты обучения; 8) средства общения [2]. Учёные пришли к выводу, что по большинству критериев лучшей среди открытых платформ является система Moodle.

Информационная система LMS MOODLE является основой системы электронного обучения в Алтайском государственном университете. При ее применении в учебном процессе создается виртуальная образовательная среда, которая является современным средством самореализации не только студентов, но и обучающихся базовой школы Университета. Виртуальная образовательная среда представляет собой информационное содержание и коммуникационные возможности локальных, корпоративных и глобальных компьютерных сетей, формируемые и используемые всеми участниками образовательного процесса [3, С. 87].

Для современной образовательной среды, характерны такие важные свойства, как гибкость, динамичность, вариативность, адаптивность, стабильность, прогностичность, преемственность и целостность. Эти свойства, по нашему мнению, соответствуют модели выпускника современной школы [4].

Перечисленные качества личности являются еще и показателями ее самореализации [5]. Данный подход объясняется тем, что реальные достижения человека в любой части многомерного мира можно представить в виде результата преобразования возможностей в действительность. Успешность самореализации личности в той или иной сфере выражается в реальных достижениях данной сферы и субъективных оценках и может определяться степенью выраженности мотивации достижения. С помощью рисунка 1 можно сравнить различные способы оценки условий протекания творческой деятельности обучающихся.



Рисунок 1 – Структура мотивационной готовности личности при переходе от потребности к ценности мировоззрения

Основанием для сравнения послужила мотивационная готовность личности при переходе от потребности к ценности мировоззрения. Этот рисунок позволяет наглядно представить взаимосвязь потребностных и мировоззренческих характеристик личности, объединяемых единой эмоциональной сферой. Творческая деятельность личности протекает в три этапа, каждый из которых имеет свои особенности.

На этапе отражения формируется субъективное отношение личности к окружающей среде. Методологическая направленность познавательной деятельности осуществляется на этапе регулирования. Самый важный этап самореализации свидетельствует как раз о самоопределении личности в выборе профессии.

Подобная структура мотивационной готовности личности при переходе от потребности к ценности мировоззрения может быть использована в реализации проекта «Базовая школа Университета» при обязательном условии применения виртуальной образовательной среды. К примеру, в базовой школе создан информационно-технологический класс, в который обучающиеся поступают исходя из своих потребностей и побуждений (этап отражения).

На этапе регулирования активно используется LMS MOODLE, которая является основой системы электронного обучения в Алтайском государственном университете. Электронный курс «Экспериментальная физика» содержит все необходимые обучающие, вспомогательные и контролирующие материалы (или ссылки на них), а также методические инструкции для обучающихся 10–11 классов в соответствии с рабочей программой курса (<https://public.edu.asu.ru/course/view.php?id=363>). Вся активность пользователей в системе фиксируется и отображается в виде индивидуальных отчетов о деятельности, в которых на одной странице можно видеть все выполненные задания, сданные работы, полученные рецензии и оценки по каждой теме курса.

На этапе регулирования мотивационной готовности личности с помощью учебных пособий [6–8] полностью реализуются функции виртуальной образовательной среды:

- информационно-обучающая (в ней представлена в самых разных формах учебная информация);
- коммуникационная (обучение проходит в диалоге с участниками учебного процесса);
- контрольно-административная (в рамках виртуальной образовательной среды проводятся комплексные меры по контролю уровня знаний, умений и навыков и администрированию) [3, С. 90].

Виртуальная образовательная среда позволяет оптимально совмещать очную форму обучения и систему дистанционного образования.

Очная форма обучения позволяет выполнять основные типы экспериментальных заданий:

- 1) наблюдение явлений и постановка опытов (на качественном уровне) по выявлению фактов, влияющих на их протекание;
- 2) проведение прямых измерений физических величин и расчет по полученным данным зависимого от них параметра;

3) исследование зависимости одной физической величины от другой с представлением результатов в виде графика или таблицы;

4) проверка заданных предположений, подразумевающая измерение физических величин и сравнение заданных соотношений между ними [9, С. 35].

В системе дистанционного образования система LMS MOODLE позволяет с помощью различных элементов и ресурсов проверить сформированность основных операционализированных предметных результатов обучения:

1) распознавание проявления изученных физических явлений в окружающем мире и выделение их существенных свойств / признаков;

2) характеристика свойств тел, физических явлений и процессов при использовании физических величин, физических законов и принципов;

3) умение приводить примеры практического использования физических знаний в повседневной жизни для обеспечения безопасности при обращении с приборами и техническими устройствами, сохранения здоровья и соблюдения норм экологического поведения в окружающей среде.

Для каждой группы предметных результатов обучения в электронный курс включен блок заданий по каждой теме.

Виртуальная образовательная среда определяет динамику содержания, методов, форм организации самообучения, а также характер взаимодействия преподавателя и обучающихся. Тем самым она способствует процессу самореализации личности обучающегося, т. к. позволяет:

- обеспечить индивидуальный подход, строить процесс обучения, опираясь на внутренние условия развития ребенка, его возрастные особенности;

- избежать жесткой временной регламентации;

- обеспечить вариативность (возможность выбора задания, формы отчета, уровня сложности и т. д.);

- привлечь субъектный опыт учащихся;

- строить процесс обучения на основе учета потребностей подростка в самостоятельной и творческой деятельности;

- включить учеников в процесс формирования обобщенного знания, которое становится способом действия и методом познания, что обеспечивает успешность, удовлетворенность и эмоциональный комфорт учащихся в познавательной деятельности [10, С. 38].

Такой подход обеспечивает единство структурно-информационной и функциональной сторон познания окружающего мира. Выявление присущих содержанию предмета целостных образований позволяет, в частности, осуществлять обучение как процесс творческой деятельности. Процесс самореализации индивидуален и может осуществляться различными путями и в разных сферах деятельности, но именно самостоятельная учебная деятельность в LMS MOODLE играет значительную роль в жизни обучающихся.

Литература. 1. Стародубцев, В. А. Персонализация виртуальной образовательной среды / В. А. Стародубцев // Педагогическое образование в России. – 2015. – № 7. – С. 24–29. 2. Graf, S. An evaluation of Open Source E-Learning Platforms Stressing Adaptation Issues / S. Graf, B. List // Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. – 2005. – P. 163–165. 3. Вайндорф-Сысоева, М. Е. Виртуальная образовательная среда как неотъемлемый компонент современной системы образования / М. Е. Вайндорф-Сысоева // Вестник ЮУрГУ – 2012. – № 14. – С. 86–91. 4. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования / Е. С. Полат [и др.]. – Москва : Издательский центр «Академия», 2009. – 272 с. 5. Григоричева, И. В. Мотивация достижения у людей с разной субъективной оценкой успешности самореализации: дис. ... канд. психолог. наук. – Барнаул, 2003. – 210 с. 6. Шимко, Е. А. Физика: приборы и измерения. – Барнаул : Изд-во АлтГУ, 2009. – 93 с. 7. Шимко, Е. А. Модельный подход к обучению и усвоению знаний по физике / Е. А. Шимко, А. Н. Крутский. – Барнаул : АлтГПА, 2012. – 77 с. 8. Соломатин, К. В. Городская олимпиада по физике. 2012 год. Задачи и решения / К. В. Соломатин. – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2012. – 12 с. 9. Демидова, М. Ю. Подходы к диагностике методологических умений в рамках итоговой аттестации учащихся по физике / М. Ю. Демидова // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2012. – № 3 (3). – С. 32–35. 10. Горычева, С. Н. Самореализация личности учащихся в процессе учебной деятельности / С. Н. Горычева, Н. Г. Дмитрук // Вестник Нижегородского университета. – 2005. – № 31. – С. 36–40.

Реквизиты для справок: Россия, 656049, Барнаул, пр. Ленина, 61, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», кандидат педагогических наук, доцент каф. ОиЭФ ФТФ Шимко Елена Анатольевна; тел. +7 913 278 0022. E-mail: eashimko65@gmail.com.

НАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВНУТРИПОЛОСТНОЙ ГИПОТЕРМИИ

**О. В. ЕВДУЛОВ, И. Ш. МИСПАХОВ, С. Г. МАГОМЕДОВА,
Н. А. НАБИЕВ**

На сегодняшний день в медицинской практике широко применяются немедикаментозные методы проведения лечебных процедур. Одной из их разновидностей является метод теплового воздействия на отдельные зоны человеческого организма, связанный с их локальным охлаждением (гипотермией). Локальная гипотермия активно используется при воздействии на внутренние полости, что широко применяется в оториноларингологии, гинекологии, проктологии, урологии, стоматологии, косметологии и т. п. [1].

Применяемые на сегодняшний день средства для внутрисполостной гипотермии подразумевают использование жидкого теплоносителя и представляют собой металлические стержни, предварительно охлажденные в жидком азоте или кислороде, так называемые пассивные криозонды, а также системы с открытой и закрытой циркуляцией жидкого хладагента [2]. Данные технические средства не всегда отвечают требованиям безопасности в связи с возможностью разгерметизации компрессионных систем, биологической агрессивностью используемых хладагентов, инерционностью рабочих процессов и низкой точностью дозирования охлаждающего воздействия. Использование жидких хладагентов в таких устройствах усложняет их конструкцию и обслуживание, сокращает время работы в связи с ограниченным объемом хладагента, не позволяет достичь необходимого уровня регулировки и контроля температуры воздействия, не решает проблему адгезивного эффекта, что требует наличия дополнительных устройств нагрева. Указанные недостатки препятствуют широкому внедрению эффективных методик внутрисполостной гипотермии.

В данных условиях целесообразным является использование в качестве источника холода в системах для гипотермии внутренних полостей термоэлектрических батарей (ТЭБ). Их применение имеет следующие преимущества: исключает использование жидких хладагентов, что делает устройство независимым от центров производства и доставки криогенных жидкостей; обеспечивает неограниченный ресурс работы, экологичность, бесшумность прибора; повышает точность дозировки и контроля воздействия; предполагает организацию режима реверса путем переключения направления тока питания прибора [3].

Разработана конструкция термоэлектрического устройства (ТЭУ) для внутриполостной гипотермии [4], схематическое исполнение которого в составе экспериментального стенда показано на рисунке 1. Прибор содержит две ТЭБ, основную 2 и дополнительную 3, контактирующие с торцевыми поверхностями медного теплопровода 1. Отвод тепла от горячих спаев ТЭБ 2 осуществляется с помощью жидкостного теплообменного аппарата 4, а дополнительная ТЭБ 3 холодными спаями приведена в контакт с воздействующим аппликатором. Для исключения нежелательного влияния температуры окружающей среды на процесс охлаждения аппликатора теплопровод 1, ТЭБ 2 и 3 имеют теплоизоляцию 5 по боковой поверхности.

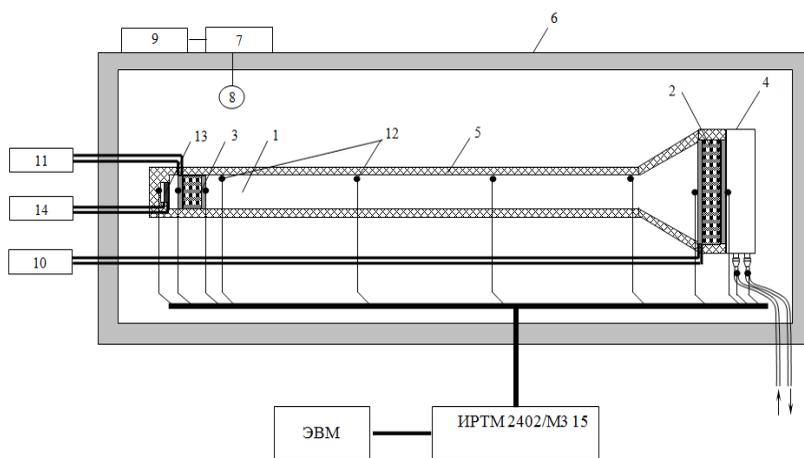
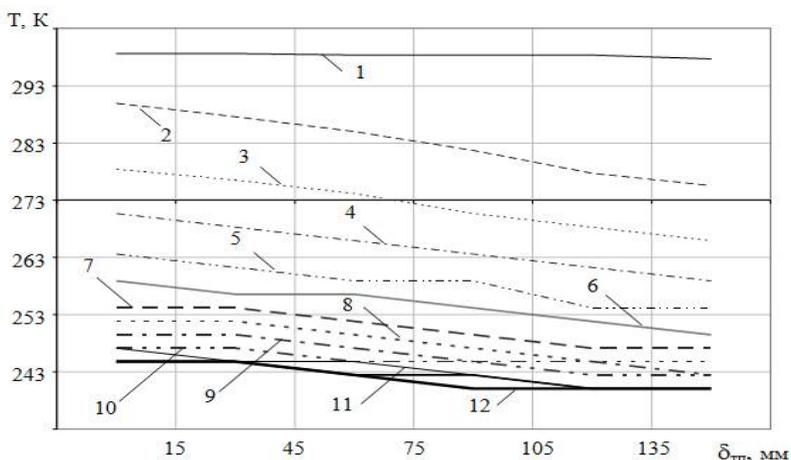


Рисунок 1 – Структурная схема экспериментального стенда устройства для внутриполостной гипотермии

Проведены натурные испытания устройства. Исследования проводились в теплоизолированной климатической камере 6 (рисунок 1), температура и влажность в которой определяются датчиками температуры 7 и влажности 8 и выводятся на дисплей 9. Питание ТЭБ осуществлялось источниками электрической энергии 10 и 11. Нагрузка на аппликатор моделировалась намотанной на него нихромовой проволокой 13, подключенной к индивидуальному источнику питания 14. Сбор экспериментальных данных осуществлялся автоматически с помощью измерителя температуры ИРТМ 2402/М3 15 посредством термомпар 12.

В ходе эксперимента определялись напряжения и ток на ТЭБ, температура окружающей среды, температуры в различных точках

опытного образца устройства. Термопары размещались на наконечнике, горячих и холодных спаях ТЭБ, на входе и выходе жидкостного теплообменного аппарата, на поверхности теплопровода. Опрос датчиков и регистрация снимаемых данных осуществлялась 1 раз в 2 секунды с записью в текстовый файл и регистрацией текущего времени каждого измерения.



1 – $\tau = 0$; 2 – $\tau = 2$ мин; 3 – $\tau = 4$ мин; 4 – $\tau = 6$ мин; 5 – $\tau = 8$ мин;
 6 – $\tau = 10$ мин; 7 – $\tau = 12$ мин; 8 – $\tau = 14$ мин; 9 – $\tau = 16$ мин;
 10 – $\tau = 18$ мин; 11 – $\tau = 20$ мин; 12 – $\tau = 22$ мин

Рисунок 2 – Распределение температуры по длине теплового мостика без нагрузки, ток питания основной ТЭБ – 23 А; ток питания дополнительной ТЭБ – 10 А

Для оценки продолжительности выхода ТЭС на рабочий режим были проведены исследования при холостом ходе прибора. Получены графики зависимости изменения температуры наконечника во времени при различных токах питания ТЭБ без нагрузки. Согласно указанным зависимостям, продолжительность выхода устройства в стационарный режим составляет 4,5–5 минут. При этом для силы тока основной ТЭБ 23 А увеличением силы тока с 5 А до 12 А дополнительной ТЭБ снижает температуру наконечника с 237 К до 224 К. Для оценки изменения температуры вдоль теплопровода, имеющего длину 150 мм, получены зависимости изменения температуры по его длине для различных моментов времени без нагрузки, которые изображены на рисунке 2. Согласно приведенным графикам максимальный перепад температуры по длине теплопровода при токах питания основной и дополнительной

ТЭБ соответственно 23 А и 10 А, составляет 14 К и приходится на начальный момент включения устройства. По выходу прибора в стационарный режим этот перепад не превышает 3 К и указывает на относительную равномерность распределения температуры по длине теплопровода.

Получены зависимости изменения температуры аппликатора во времени при наличии тепловой нагрузки. В соответствии с [5] величина тепловой нагрузки принята равной 1 Вт, что соотносится со средним уровнем тепловыделений ткани живого человека. Согласно полученным данным, при токах питания дополнительной ТЭБ 5 А, 10 А и 12 А температура наконечника по достижению стационарного режима без тепловой нагрузки составляет 224 К, 227 К и 239 К, что соответствует температурам наконечника на графиках в начальный момент времени. Как показывают зависимости, действие нагрузки на систему повышает температуру аппликатора примерно на 6 К, для каждого тока, соответственно ее значение для этих случаев составляет 230 К, 233 К и 245 К. При этом продолжительность выхода на стационарный режим не превышает 2,5 минут.

Одним из важных факторов стабильной и надежной работы устройства является эффективный съем тепла с горячих спаев ТЭБ. Для оценки надежности теплосъема устройства регистрировалось изменение температуры горячих спаев основной ТЭБ во времени. Для рассмотренного случая, соответствующего токам питания основной и дополнительной ТЭБ 23 А и 10 А величина температуры горячего спаеа не превышает 302 К при температуре охлаждающей жидкости 291 К и скорости течения 0,07 л/с. Данное обстоятельство позволяет сделать вывод о возможности поддержания работы устройства на протяжении требуемого времени за счет жидкостного отвода теплоты с горячих спаев ТЭБ.

Литература. 1. Баранов, А. Ю. Искусственный холод на службе здоровья / А. Ю. Баранов // Вестник Международной академии холода. – 2006. – № 1. – С. 15–18. 2. Баранов, А. Ю. Разработка техники и технологии криотерапии / А. Ю. Баранов // Холодильная техника. – 2006. – № 12. – С. 42–47. 3. Исмаилов, Т. А. Приборы для локального температурного воздействия на человеческий организм / Т. А. Исмаилов [и др.] // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2003. – № 2. – С. 3–6. 4. Исмаилов, Т. А. Исследование термоэлектрической системы для локального замораживания тканей гортани / Т. А. Исмаилов, О. В. Евдулов, Т. А. Рагимова // Термоэлектричество. – 2015. – № 2. – С. 86–94. 5. Пономаренко, Г. Н. Биофизические основы физиотерапии / Г. Н. Пономаренко, И. И. Турковский. – Москва : Медицина, 2006. – 176 с.

Реквизиты для справок: Россия, 367026, Махачкала, пр. Имама Шамиля, 70, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», кафедра теоретической и общей электротехники, к.т.н., доцент Евдулов О. В.; тел. (8722)628269. E-mail: ole-ole-ole@rambler.ru.

УДК 004.421.2

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ РЕЖИМОВ ТРЕНИРОВОК КЛИЕНТОВ ТРЕНАЖЕРНОГО ЗАЛА

А. В. АЛЕКСЕЕВ, Л. И. СУЧКОВА

В настоящее время заметно ускорился темп жизни и все больше людей различных возрастных категорий начинают заниматься спортом. Под словом «спорт» подразумевается не только выполнение специальных упражнений в тренажерном зале, но и обычная физическая нагрузка вне области какого-либо спортивного объекта [1].

Следует отметить, что большие объёмы физической нагрузки приводят тело человека в напряжение, а иногда возникает перенапряжение. Некоторые из людей занимаются в домашних условиях, другие же записываются в различные тренажерные залы, где за их здоровьем следит квалифицированный человек – тренер [2].

В обоих случаях для достижения поставленной цели составляется индивидуальная программа занятий, и от её качества зависит успех. Чтобы добиться максимального эффекта и не допустить перенапряжения, нужно ориентироваться на индивидуальную адаптацию человека при выборе тренировочной нагрузки [3].

Для того чтобы качественно и своевременно отслеживать состояние здоровья человека во время всего периода физических тренировок (до, во время, после), следует обратить внимание на следующие параметры:

- 1) пульс;
- 2) давление;
- 3) кол-во пройденных шагов;
- 4) физическая активность.

Для получения данной информации используют устройства получения информация о физическом состоянии человека. В рамках данной работы использован фитнес-трекер, который позволяет не только просматривать данную информацию, но и анализировать ее с помощью мобильного приложения. Однако производитель трекера не всегда предоставляет мобильное приложение, которое взаимодействует с устройством через канал передачи данных Bluetooth, получая информацию о состоянии здоровья человека. Даже при наличии приложения изменение в его функционале невозможно.

Целью работы является автоматизация подбора и корректировки нагрузок с учетом состояния здоровья людей.

Отметим, что автоматизация сбора информации о процессах тренировок клиентов в тренажерном зале является актуальной задачей как для администрации тренажерного зала, так и для клиента, который должен быть уверен, что подобранный тренером комплекс упражнений индивидуализирован и не вызывает негативного влияния на состояние здоровья.

Сбор информации об общем состоянии физической активности человека во время выполнения физических упражнений позволит решить следующие задачи:

1. Возможность оптимизации составления программы тренировок под индивидуальные данные о пользователе (рост, вес, возраст, цель, противопоказания).

2. Возможность отображения информации о показателях состояния здоровья пользователя на экране мобильного устройства, а также экспорта этих данных на внешнее вычислительное устройства для последующей обработки и анализа.

3. Предоставление пользователю собранной информации о текущем состоянии здоровья (ЧСС, давление) за необходимый период в удобном графическом виде.

4. Предоставление пользователю оптимальной программы тренировок во время выполнения физических нагрузок.

Для решения данных задач целесообразна разработка мобильного приложения со спроектированной и подключенной базой данных.

Необходимо разработать многофункциональное приложение на платформе Android с доступом к API фитнес-браслета с интуитивно понятным и простым интерфейсом, позволяющее не только составлять, корректировать список тренировочных упражнений, но и предоставлять информацию по тренировочному процессу, составлять отчеты о прошедших тренировках, предоставлять информацию о прошлом, текущем состоянии здоровья человека. На основе этой информации возможно также составлять рекомендации к тренировочным занятиям, к изменению образа физической активности, при этом следует учитывать физические ограничения по здоровью человека [4–5].

За основу был взят браслет Xiaomi MiBand 2. Для того чтобы получить данные по Bluetooth-каналу, были использованы стандартные библиотеки подключения мобильного приложения к фитнес-браслету. Подключение происходит в классе DeviceScanActivity.java, подключаются следующие библиотеки: android.bluetooth.BluetoothAdapter, android.bluetooth.BluetoothDevice и android.bluetooth.BluetoothManager.

Библиотека BluetoothAdapter работает непосредственно с Bluetooth-модулем телефона, в сравнении с другими библиотеками,

метод `BluetoothAdapter.ACTION_REQUEST_ENABLE` данной библиотеки возвращает значение `true`, если Bluetooth-модуль включён на телефоне, а метод `BluetoothAdapter.LeScanCallback` осуществляет соединение с найденным фитнес-браслетом.

Библиотека `BluetoothDevice` позволяет создать соединение с соответствующим устройством или запросить информацию об этом устройстве, например, имя, адрес, класс и состояние связи, что необходимо для осуществления поиска фитнес-браслета. Операции над этим классом выполняются на удаленном аппаратном адресе Bluetooth, что позволяет обращаться непосредственно к устройству, вызывая `BluetoothAdapter`, который использовался для создания этого `BluetoothDevice`.

Вид полученных данных в Activity разработанного приложения приведен на рисунке 2.

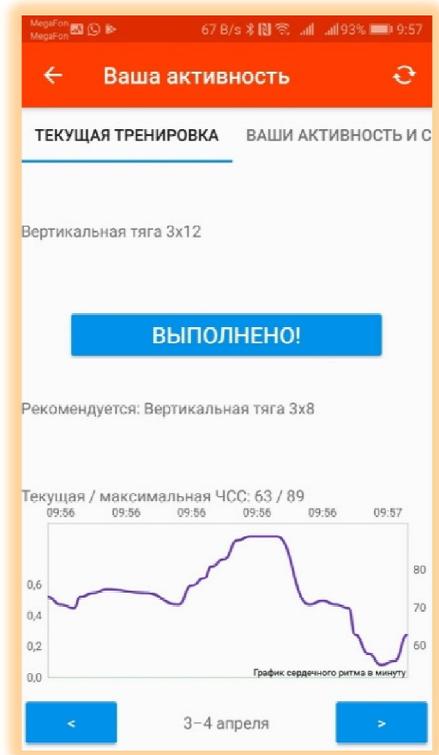


Рисунок 2 – Окно Activity-тест при сопряжении с MiBand2 посредством API

Рассмотрим подробнее методы для получения данных.

Для установления соединения и отключения от фитнес-браслета используется метод `stateConn()` и `stateDiscon()`.

Для того чтобы инициировать и затем обеспечить получение данных о ЧСС, используются методы `startScanHeartRate()`, `listenHeartRate()`. Данные сначала формируются в массив из `byte`, а потом заполняются в процессе измерений пульса.

На рисунке 2 приведён алгоритм работы мобильного приложения для оптимизации тренировок.

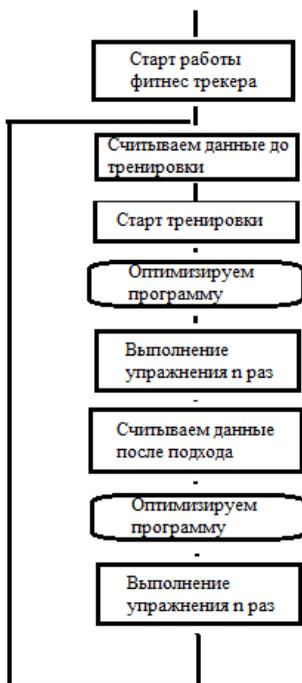


Рисунок 2 – Алгоритм работы считывания данных

Чтобы корректировать программу с физическими упражнениями, был разработан оптимизирующий алгоритм, который высчитывает средний уровень активности за день S_{ua} . S_{ua} высчитывается исходя из полученных данных за день, а именно:

- среднего показателей шагов S_n ;
- среднего ЧСС S_h ;

- среднего давления Sd;
- количества часов сна Ss.

Далее полученное значение сравнивается с эталонным значением, и ему приписывается атрибут low, medium или high. Если уровень активности за день высок, то этот критерий будет влиять на количество подходов, веса физических нагрузок этого дня. Все эталоны показателей и их нормы хранятся в памяти устройства.

На момент старта выполнения физических нагрузок приложение будет в первую очередь учитывать показатель Sn. Если показатель Sn высок, то алгоритм оптимизации изменит программу на этот день в сторону смягчения. Во время выполнения упражнений, исходя из показателей ЧСС и показателей давления, будет высчитываться средний показатель состояния в зале Saz и ему будет приписан атрибут bad, optimal, good или perfect.

Если Saz = perfect, то алгоритм оптимизации тренировочного процесса увеличит количество подходов или весов на последующие упражнения. Таким образом, приложение будет подстраиваться под текущее состояние человека в реальном времени.

Подключение к фитнес-трекеру осуществляется через стандартные API, которые существуют в открытом доступе.

Для хранения полученной с браслета информации была спроектирована база данных SQLite 3. Интерфейс платформы разработки, а также языка Java, позволяет создать файл DBHelper, который является наследником класса SQLiteOpenHelper, имеет свои жизненные циклы и методы для SQL запросов, при создании, обновлении, удалении базы данных.

На рисунке 3 представлена физическая модель базы данных. В результате проделанной работы выполнено проектирование классов мобильного приложения, разработаны методы для получения и передачи данных по модулю Bluetooth. Спроектирована база данных и программно реализовано тестовое мобильное приложение для проверки разработанных методов.

В результате разработки мобильного приложения с использованием разработанных методов будут достигнуты следующие практические результаты для клиентов:

1. Возможность самостоятельно заниматься физической подготовкой и при этом иметь высокий эффект за счёт оптимизации процесса тренировок.
2. Качественно и своевременно диагностировать низкую активность, чтобы в дальнейшем улучшать текущий показатель.
3. Возможность составления индивидуальной программы тренировок, внесения корректировок без вмешательства тренеров.

4. Непрерывный мониторинг процесса влияния режимов тренировок на здоровье клиента.
5. Возможность составления индивидуальной диеты для клиента.

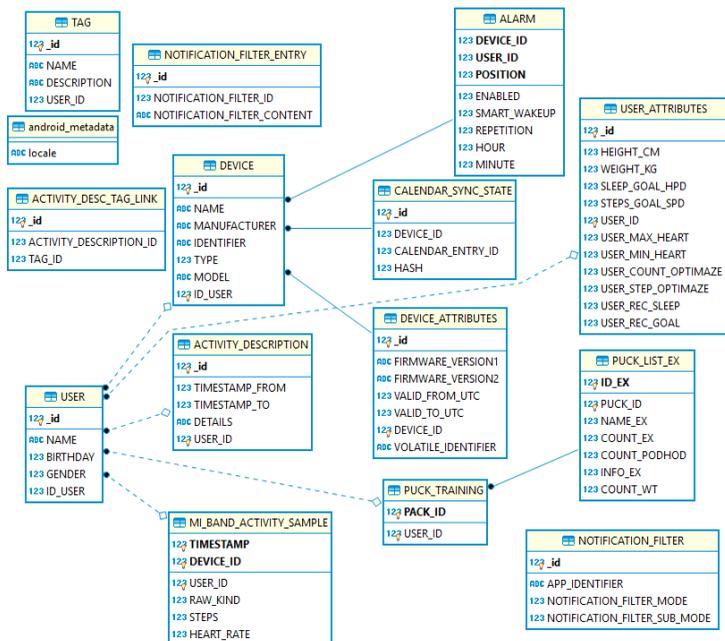


Рисунок 3 – Физическая модель базы данных

Литература: 1. Барчуков, И. С. Физическая культура и спорт: методология, теория, практика : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / И. С. Барчуков, А. А. Нестеров. – Москва : Издательский Центр «Академия», 2006. – 528 с. 2. Захаров, Е. Н. Энциклопедия физической подготовки (Методические основы развития физических качеств) / Е. Н. Захаров, А. В. Карасев, А. А. Сафонов. – Москва : Лептос, 1994. – 368 с. : ил. 3. Jordan, T. How they train: Bruce Jenner. Track Technique / T. Jordan. – 1974. Но. 57. – Р. 1820–1821. 4. Даконта, М. XML и Java 2 / М. Даконта, А. Саганич. – Москва : Санкт-Петербург : Питер, 2001. – 384 с. 5. Start Android – учебник по Android для продвинутых [Электронный ресурс] : Официальный сайт. – Электрон. текст. дан. – Режим доступа : <http://startandroid.ru/ru/> 6. Реверс-инженеринг фитнес-браслета [Электронный ресурс] : Официальный сайт. – Электрон. текст. дан. – Режим доступа : <https://geektimes.ru/post/271728/>.

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», магистрант Алексеев А. В.; тел. (8-929-393-92-11). E-mail: antonalekseev@gmail.com.*

УДК 004.434

РАЗРАБОТКА УЧЕБНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРИНЦИПОВ РАБОТЫ КОМПЬЮТЕРА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОГРАММ НА ЯЗЫКЕ НИЗКОГО УРОВНЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧЕРЕПАШЬЕЙ ГРАФИКИ

И. Р. КОЛОКОЛОВ, А. Н. ТУШЕВ

Сегодня, когда компьютеры применяются буквально во всех видах деятельности, даже приблизительное понимание, как устроен компьютер, как он работает и выполняет программы, каковы его возможности и ограничения, становится очень важным навыком.

При изучении программирования в школах основное внимание уделяют лишь изучению конструкций языка и выполнению каких-либо заданий на получение навыков работы с ними.

Однако часто умалчивается, как компьютер, являющийся вычислительной машиной, способен «понимать» и выполнять инструкции, записанные на языке программирования.

Данная учебная программа ставит себе задачу восполнить этот пробел, продемонстрировав, как происходит трансляция программ в числовой код и как затем этот числовой код пошагово выполняется исполнителем.

Одним из языков, который используется для обучения детей основным концепциям программирования, является язык Лого. Используемая в языке черепашня графика позволяет придать наглядность обучению программированию [1]. Но с помощью Лого нельзя показать, как функционирует компьютер на уровне машинных команд. Для демонстрации низкоуровневого процесса выполнения программ язык ассемблера не подходит в силу его сложности и множества технических деталей.

Для данной задачи была разработана среда графического исполнителя и язык программирования, синтаксис которого схож на ассемблер, а команды языка приспособлены для работы с черепашьей графикой.

Текст программы транслируется в специальный байт-код, который затем передаётся исполнителю для выполнения. Результатом работы исполнителя является рисунок на графическом поле, состоящий из набора отрезков различной длины и цвета (рисунок 1).

Исполнитель при выполнении команд может менять своё местоположение на координатном поле. Местоположение задаётся координатами по двум осям. Также исполнитель имеет свойство рисовать разноцветные отрезки на графическом поле, в зависимости от состояния пера, которое может быть поднято или опущено (в этом случае происходит рисование).

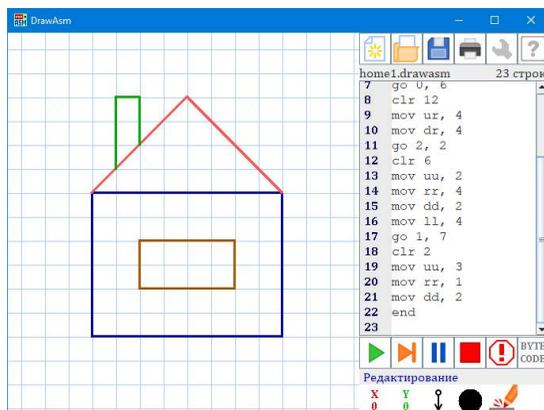


Рисунок 1 – Пример выполненной программы

В языке используются символы латинского алфавита, арабские цифры, запятая и точка с запятой. В каждой строке программы записывается одна инструкция. Каждая инструкция состоит из мнемокода операции и операндов. Набор символов, игнорируемых транслятором – комментариев, начинается с символа точка с запятой, и заканчивается концом строки [2].

Например, команда передвижения в направлении правого верхнего угла на пять клеток:

MOVUR, 5; комментарий

Во время трансляции проверяется правильность набранной программы. В случае неудачи на экране показывается окно со списком ошибок. Для каждой ошибки указывается номер строки и тип ошибки (рисунок 2).

При успешной трансляции есть возможность изучить полученный байт-код (рисунок 3). Для каждой инструкции указывается её числовой код и расположение относительно начала программы.

Программа написана на языке Java в среде NetBeans. Поэтому программа может работать в любой операционной системе, где установлена JVM: Windows, Linux или MacOS. Является бесплатной программой для некоммерческого использования.

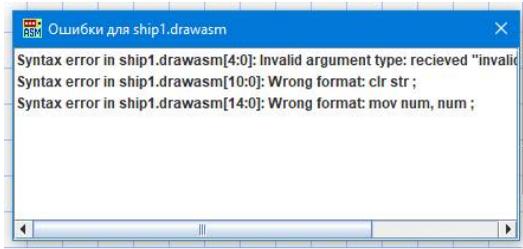


Рисунок 2 – Окно со списком ошибок

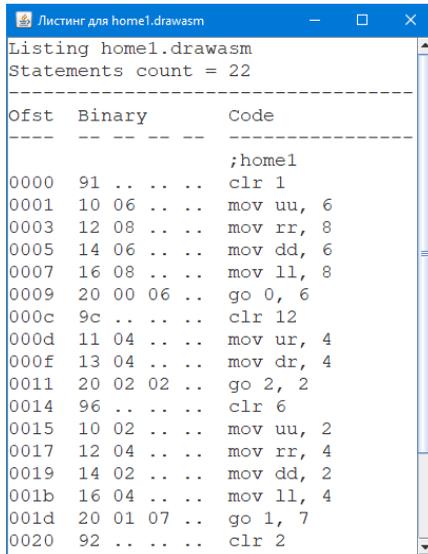


Рисунок 3 – Сгенерированный байт-код

Литература 1. Язык программирования Лого. [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://myrobot.ru/logo/aboutlogo.php>.

2. Мозговой, М. В. Классика программирования: алгоритмы, языки, автоматы, компиляторы. Практический подход / М. В. Мозговой. – Санкт-Петербург : Наука и техника, 2006. – 320 с. : ил.

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», кафедра «Информатика, вычислительная техника и информационная безопасность», Колоколов И. Р. E-mail: kolokolof.ivan@yandex.ru.*

ВОЗМОЖНОСТИ ЦИФРОВОЙ ЛАБОРАТОРИИ VERNIER ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ ФИЗПРАКТИКУМА

Е. А. ШИМКО, Р. М. УТЕМЕСОВ, Д. Ю. КОЗЛОВ

Информатизация образования, происходящая на современном этапе развития общества, открывает новые возможности и перспективы развития системы образования в целом. Использование информационных технологий в системе высшего образования изменяет дидактические средства, методы и формы обучения студентов, тем самым преобразуя традиционный подход к подготовке медицинских физиков. Для удовлетворения требований работодателей (медицинских учреждений, использующих высокотехнологичное оборудование) необходима модернизация приборной базы учебного процесса. В качестве одного из основных направлений такой модернизации парка измерительного оборудования на физико-техническом факультете Алтайского государственного университета было выбрано решение, связанное с использованием современных компьютеризированных датчиков и соответствующих интерфейсов [1]. При этом используемые датчики должны обеспечивать автоматическую идентификацию, встроенную калибровку и автоматический сбор данных, а также простую и оперативную настройку параметров эксперимента. Помимо этого, ассортимент датчиков и интерфейсов должен закрывать как потребности всех разделов общей физики, так и ряда дополнительных разделов, в частности, медицинской физики и медицинской электроники.

В учебной практике вуза могут использоваться несколько линеек таких датчиков, однако в результате сравнительного анализа и апробирования было выбрано сенсорное и интерфейсное оборудование компании Vernier, а также интерфейсное оборудование компании National Instruments (NI). Так, в частности, ассортимент датчиков Vernier насчитывает более 70 образцов и продолжает расширяться, а набор интерфейсов содержит около 10 различных устройств. В свою очередь, интерфейсное оборудование компании NI включает системы сбора данных (ССД) как нижнего ценового и скоростного диапазона, такие как NI USB-6008/6009, так и более мощные системы, такие как CompactDAQ и CompactRIO, а также сугубо учебные системы сбора данных, такие как MyDAQ. Достоинством данного решения, помимо удобства эксплуатации и высокой точности измерений при выполнении работ физпрактикума, является использование единой среды программирования LabVIEW, обеспечивающей оперативность и гибкость формирования измерительно-вычислительных систем [2].

В работах физпрактикума, соответствующим клинической лабораторной диагностике, широкое применение нашли фотометрические методы количественного анализа, основанные на переведении определяемых компонентов в поглощающие свет соединения с последующим определением их количества путем измерения светопоглощения растворов.

Если измерение ведется без выделения узкого диапазона длин волн, т. е. измеряются характеристики всего светового потока, то такой метод анализа называется колориметрическим.

В случае фотометрического метода выделяют характерный для поглощения данным веществом оптический диапазон и проводят измерения на определенной длине волны. Фотометрический метод является более объективным методом, чем колориметрический, поскольку результаты его меньше зависят от поглощения света другими (интерферирующими) окрашенными веществами. Фотометрический анализ используют как для определения основных компонентов различных сложных веществ, так и для определения микропримесей в объектах. Фотометрические методы применяются также в тех случаях, когда изучается способность веществ рассеивать (нефелометрия) и пропускать излучение (турбидиметрия), переизлучать поглощенное излучение (флуориметрия), изменять степень поляризации излучения при прохождении его через оптически активные вещества (поляриметрия). Названные оптические методы применяются для изучения состояния биологических систем и их изменения в процессах ассоциации-диссоциации, взаимодействия с другими молекулами, образования и распада комплексов фермент-субстрат, антиген-антитело, белок-липид, белок-нуклеиновая кислота; фотофизических и фотохимических процессов и т. д. [5].

Высокая чувствительность датчиков, их точность, быстрдействие и удобство использования для лабораторных исследований определяют широкое применение оптических методов в клинической лабораторной диагностике. По этой причине в процессе подготовки медицинских физиков важно использовать датчики оптической плотности, которые предназначены для измерения оптической плотности и коэффициентов пропускания жидкостей и жидкостных растворов. Датчики также можно использовать для определения концентрации веществ в растворах, например, при выполнении лабораторных работ «Определение концентрации растворов методом фотоколориметрии» и «Определение концентраций растворенных веществ в двухкомпонентном растворе методом спектрофотоколориметрии». Использование подобных датчиков повышает наглядность и точность экспериментов,

а самое главное, позволяет следить за изменением параметров на экране компьютера в виде графиков и таблиц.

В первой лабораторной работе «Определение концентрации растворов методом фотоколориметрии» для определения концентрации однокомпонентного раствора» используется датчик оптической плотности COL-ВТА Colorimeter фирмы Vernier [6]. В лабораторной работе «Определение концентраций растворенных веществ в двухкомпонентном растворе методом спектрофотоколориметрии» для определения концентрации двухкомпонентных растворов используется спектрофотометр Vernier SpectroVis Plus фирмы Vernier [6].

Данный прибор позволяет измерять оптическую плотность для четырех длин волн. Перед началом работы прибор необходимо откалибровать, следуя инструкциям программного обеспечения LoggerPro. Далее необходимо провести серию вспомогательных измерений и определить длину волны, для которой оптическая плотность конкретного раствора будет наибольшей. В дальнейшем необходимо все измерения проводить на этой длине волн.

В серии рабочих измерений следует поочередно определить оптическую плотность раствора разных концентраций, включая неизвестную концентрацию. После чего необходимо построить градуировочную кривую и определить неизвестную концентрацию. Для этого по полученным экспериментальным значениям оптической плотности растворов строят градуировочный график, откладывая по оси абсцисс известные величины концентрации эталонных растворов C_i , а по оси ординат – значения оптической плотности D_i эталонных растворов, измеренной относительно эталонного раствора с концентрацией C_3 . По этому графику, зная измеренное значение D_i , находят концентрацию C_x определяемого раствора.

Вначале необходимо получить спектры для эталонных (однокомпонентных) растворов с известными концентрациями (рисунок 1).

После этого необходимо определить две длины волны λ' и λ'' , для которых оптические плотности эталонных растворов максимально отличаются друг от друга. Второй этап работы состоит собственно в получении спектрограммы и определении оптической плотности двухкомпонентного раствора (рисунок 2).

Далее следует рассчитать неизвестные концентрации C_1 и C_2 по формулам (1) и (2):

$$C_1 = C_{13} \frac{D(\lambda') \cdot D_{23}(\lambda'') - D(\lambda'') \cdot D_{23}(\lambda')}{D_{13}(\lambda') \cdot D_{23}(\lambda'') - D_{13}(\lambda'') \cdot D_{23}(\lambda')}, \quad (1)$$

$$C_2 = C_{2\lambda} \frac{D(\lambda'') \cdot D_{1\lambda}(\lambda') - D(\lambda') \cdot D_{1\lambda}(\lambda'')}{D_{1\lambda}(\lambda') \cdot D_{2\lambda}(\lambda'') - D_{1\lambda}(\lambda'') \cdot D_{2\lambda}(\lambda')}, \quad (2)$$

где $D(\lambda')$ и $D(\lambda'')$ – оптические плотности двухкомпонентного раствора для длин волн λ' и λ'' , $D_{1\lambda}(\lambda')$ и $D_{2\lambda}(\lambda')$, $D_{1\lambda}(\lambda'')$ и $D_{2\lambda}(\lambda'')$ – оптические плотности эталонных растворов для тех же длин волн, $C_{1\lambda}$ и $C_{2\lambda}$ – известные концентрации эталонных растворов.

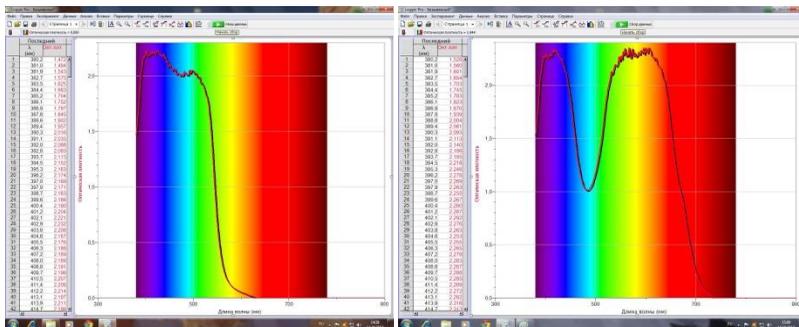


Рисунок 1 – Спектрограммы однокомпонентных растворов № 1 и № 2

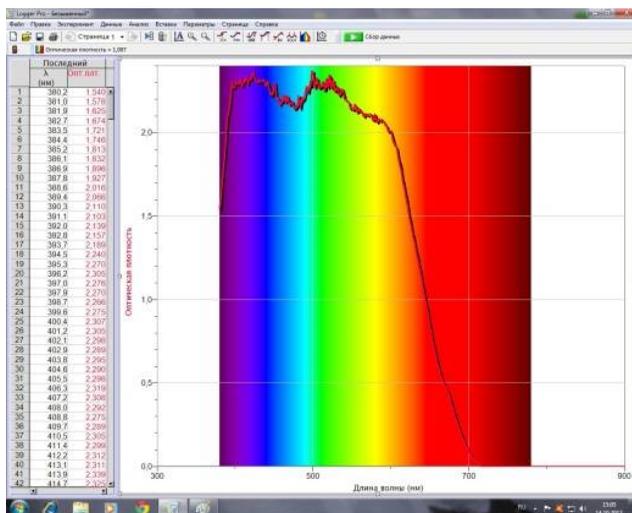


Рисунок 2 – Спектрограмма смеси растворов с неизвестными концентрациями

Можно при выполнении такой работы строить серию градуировочных графиков, используя каждый раз в качестве раствора сравне-

ния эталонный раствор с постепенно увеличивающейся концентрацией определяемого вещества, с тем чтобы подобрать такой раствор сравнения, концентрация которого была бы наиболее близкой к концентрации анализируемого раствора.

Применение подобных датчиков при выполнении лабораторных работ явно демонстрирует образовательные возможности, которые заключаются в том, что повышается наглядность и точность экспериментов, а самое главное, датчики позволяют следить за изменением параметров наблюдаемых физических процессов на экране компьютера в виде графиков и таблиц [7]. Возможно параллельно с проведением эксперимента осуществлять анализ его результатов и их интерпретацию. Описанные примеры применения интерфейсного и сенсорного оборудования в учебном процессе и научных исследованиях создают непрерывную траекторию формирования прикладных компетенций будущего специалиста, необходимых как для проектирования, так и для эксплуатации современного медицинского высокотехнологичного оборудования.

Литература. 1. Суранов, А. Я. Формирование прикладных компетенций студентов на базе сенсорного и интерфейсного оборудования : материалы международной научно-методической конференции «Современное образование: актуальные проблемы профессиональной подготовки и партнёрства с работодателем» / А. Я. Суранов. – Томск : Изд-во Томского гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2014. – С. 41–42. 2. Суранов, А. Я. LabVIEW 8.20 : справочник по функциям / А. Я. Суранов. – Москва : ДМК Пресс, 2007. – 536 с. 3. Устинов, Г. Г. Медицинская физика. Физические методы и приборы в диагностике и лечении / Г. Г. Устинов, В. В. Поляков. – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2002. – Ч. 2. – 156 с. 4. Устинов, Г. Г. Медицинская физика. Физические основы радиационной медицины / Г. Г. Устинов, В. В. Поляков, Е. А. Шимко. – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2014. – 60 с. 5. Долгов, В. В. Фотометрия в лабораторной практике / В. В. Долгов, Е. Н. Ованесов, К. А. Щетникович. – Москва : Витал Диагностика ; Санкт_Петербург, 2004. – 142 с. 6. Шимко, Е. А. Датчики для изучения физических процессов в организме человека / Е. А. Шимко, Р. М. Утемесов. – Барнаул : Изд-во Алт ун-та, 2014. – 35 с. 7. Лозовенко, С. В. Лабораторный практикум по физике с применением цифровой лаборатории Vernier / С. В. Лозовенко. – Москва : Илекса, 2018. – 136 с.

Реквизиты для справок: *Россия, 656049, Барнаул, пр. Ленина, 61, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», кандидат педагогических наук, доцент каф. ОиЭФ ФТФ, Шимко Елена Анатольевна, тел. +7 913 278 0022. E-mail: eashimko65@gmail.com.*

УДК 331.1:004.02

МОТИВАЦИОННОЕ ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕДИЦИНЕ

А. И. ПОПКОВА

Информационные технологии в современном мире применяются повсеместно. Здравоохранение не стало исключением. Современные информационные технологии оказывают положительное влияние на развитие новых способов организации медицинской помощи населению.

В настоящее время все медицинские организации производят, накапливают и обрабатывают огромные объемы информации. В зависимости от того, насколько эффективно эта информация используется врачами, руководителями, управляющими органами, зависит качество медицинской помощи. В связи с этим необходимость использования больших объемов информации обуславливает сегодня создание информационных систем в медицинских учреждениях.

Не секрет, что процесс информатизации всех направлений деятельности, в том числе и медицины, протекает в России неравномерно. Внедрение в государственных медицинских учреждениях современных информационных систем носит разрозненный характер и происходит исключительно по инициативе наиболее продвинутых в вопросах информатизации руководителей ЛПУ. Несколько иначе обстоят дела в коммерческих и ведомственных лечебных учреждениях, где на первое место выходят вопросы конкурентоспособности, рентабельности и повышения качества оказываемых услуг. Здесь решение вопросов информационно-технологического оснащения зачастую заложено в план развития клиники еще на стадии ее проектирования и строительства [1].

Основные сложности внедрения медицинских информационных систем в лечебных учреждениях связаны с отсутствием технических специалистов для сопровождения системы. Достаточно часто интеграторы сталкиваются с проблемой нечеткого понимания целей внедрения информационных технологий руководством ЛПУ, трудностями со структуризацией бизнес-процессов, изменениями требований к системе в процессе внедрения, сложностями в освоении системы сотрудниками ЛПУ. В то же время наиболее значимым фактором, сдерживающим информатизацию ЛПУ, является недостаточное финансирование. За ним следуют непонимание руководителями ЛПУ целей внедрения ИКТ, низкий уровень подготовки руководителей и сотрудников ЛПУ в области информационных технологий.

Большинство факторов, препятствующих успешному внедрению ИКТ в работу медицинской организации вполне возможно устранить силами программистов, занимающихся развитием ИКТ в своей организации. Любое внедрение ИКТ происходит через совместную деятельность программиста, отвечающего за внедрение и конечных пользователей программного продукта (в нашем случае – врачей). Комплексная реализация функций управления, необходимых для эффективного внедрения ИКТ в медицинском учреждении, может быть осуществлена за счет применения технологий и методов управления. В качестве комплексного подхода к управлению внедрением ИКТ в медицине может быть использован мотивационный программно-целевой подход, включающий в себя [3]:

1. СА – системный анализ уровня информатизации в медицинском учреждении, уровня подготовки конечных пользователей (врачей) к применению ИКТ.

2. ПДЦ – построение дерева целей процесса внедрения ИКТ в лечебный процесс.

3. РИП – разработку многоуровневой исполняющей программы с концептуальным, технологическим и практическим уровнями реализации.

4. РУП – реализацию управляющей программы, обеспечивающей мотивационную и технологическую подготовку работников медучреждения к применению ИКТ в своей деятельности.

5. Определение критериев оценки эффективности организации процесса внедрения ИКТ в деятельность медицинского учреждения [3].

Рассмотрим более подробно построение дерева целей процесса внедрения ИКТ в лечебный процесс. При его построении мы должны опираться на структурно-функциональные модели субъекта и объекта управления. Эти модели будем строить как дерево целей, так как именно цели представляют собой важнейшие объекты при решении задач оптимизации при управлении внедрением ИКТ в лечебный процесс и именно цели определяют содержание конечного результата этого процесса.

Структура модели субъекта управления определяется концептуальным представлением программно-целевой психологии управления и характеристиками профессионально-личностных качеств (эрудиция (Э), знания (З), опыт (О), профессионализм (П)), технологической подготовленностью к осуществлению управления процессом внедрения ИКТ в лечебный процесс через функции (Мц1–Мц4), ориентацией на обратную связь по конечным результатам своей деятельности (рисунок 1).

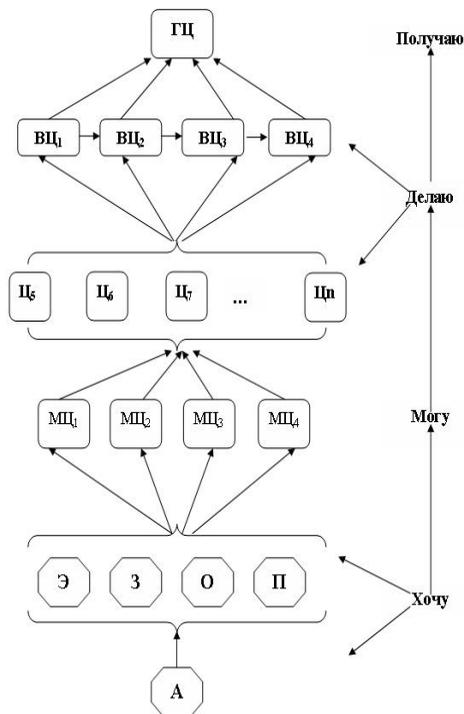


Рисунок 1 – Структура модели субъекта управления

Для построения структуры модели субъекта управления были введены следующие обозначения:

- ГЦ – создать условия для успешного внедрения ИКТ в лечебный процесс;
- ВЦ1 – обеспечить эмоционально-волевой аспект;
- ВЦ2 – обеспечить когнитивный аспект;
- ВЦ3 – обеспечить деятельностный аспект;
- ВЦ4 – обеспечить креативный аспект;
- Ц5 – ...Цn – обеспечить элементы содержательного компонента обучения пользователей работе с ИКТ;
- Мц1 – обеспечить мотивационную функцию управления;
- Мц2 – обеспечить познавательную функцию управления;
- Мц3 – обеспечить контрольно-корректировочную функцию управления;
- Мц4 – обеспечить адаптивную функцию управления;

- Э, З, О, П – комплекс профессионально-психологической готовности, включающий соответственно, эрудицию, знания, опыт, профессионализм;

- А – самоактуализация личности субъекта управления.

По такому же принципу строим структуру модели объекта управления. При ее построении необходимо учитывать психологическую и технологическую готовность субъекта управления (рисунок 2).

В структуре модели объекта управления введены следующие обозначения:

- ГЦ – овладеть методикой использования ИКТ в лечебном процессе;

- ВЦ1 – обеспечить эмоционально-волевой аспект;

- ВЦ2 – обеспечить когнитивный аспект;

- ВЦ3 – обеспечить деятельностный аспект;

- ВЦ4 – обеспечить креативный аспект;

- Ц5 – ...Цп - освоить элементы содержательного компонента;

- А1 – психологическая готовность объекта управления;

- А2 – технологическая готовность объекта управления.

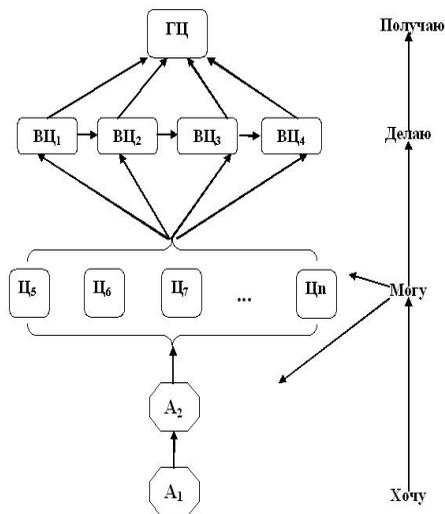


Рисунок 2 – Структура модели объекта управления

Обе модели при необходимости могут быть оснащены квалиметрическими правилами оценки интегративного показателя труда.

Внедрение ИКТ в медицинском учреждении осуществляется более эффективно посредством мотивационного программно-целевого подхода, предполагающего последовательность и систематизацию конкретных предписаний для каждого уровня и формирующих психологическую готовность конечных пользователей к применению новых информационных технологий.

Литература. 1. Сухомлин, В. А. Введение в анализ информационных технологий / В.А. Сухомлин. – Москва : Горячая линия – Телеком, 2016. – 432 с. 2. Парахонский, А. П. Использование новейших информационно-коммуникационных технологий в медицине и здравоохранении /А. П. Парахонский, А. П. Миносян //Успехи современного естествознания. – 2009. – № 7. – С. 83. 3. Горячих, А. И. Практический уровень моделирования содержания обучающих программ в логике мотивационного программно-целевого управления /А. И. Горячих // Перспективы науки. – № 6 (08). – Тамбов, 2010. – С. 20–23. 4. Шалаев, И. К. Повышение эффективности управления образованием : метод. рекомендации / И. К. Шалаев. – Барнаул : АК ИПКРО, 2007. – 108 с.

Реквизиты для справок: 656038, *Российская Федерация, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», доценту кафедры информатики, вычислительной техники и информационной безопасности Попковой А. И., тел +7 902 -143-9635. E-mail: goryuanna@yandex.ru.*

УДК 004.0

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОЦЕНКИ ВАЛИДНОСТИ ТЕСТОВ В ЭЛЕКТРОННЫХ КУРСАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА

А. Ю. АНДРЕЕВА, Б. К. УШАКОВ

С активным внедрением электронного обучения открываются дополнительные возможности по сбору информации об учебном процессе. В связи с этим в настоящее время активно развивается область образовательной аналитики (Learning Analytics, LA) – измерения, сбора, анализа и обобщения данных с целью улучшения понимания и оптимизации учебного процесса в соответствии с заданными целями обучения.

Помимо отслеживания качества учебного процесса и выявления текущих проблем, использование образовательной аналитики дает возможность определить направления дальнейшей доработки и усовершенствования образовательных курсов [1].

Смежным с образовательной аналитикой направлением является интеллектуальный анализ данных в образовании (Educational Data

Mining, EDM). Появление EDM связано с активным внедрением информационных технологий в области образования и накоплением значительных объемов данных, связанных с учебным процессом. Прямое применение стандартных приемов ДМ для данной области не подходит, так как проблемы образования имеют свою специфику. EDM является мультидисциплинарным полем и объединяет в себе машинное обучение, статистику, ДМ, психологические и педагогические аспекты, различные рекомендательные методы для решения образовательных вопросов [2].

Данные для EDM часто выбираются из логов образовательных систем. На основе таких данных формируется так называемый «цифровой след» обучающегося, который и позволяет делать выводы об эффективности образовательного процесса.

В данной работе делается попытка, используя один из методов анализа текстов – тематическое моделирование, выявить соответствие учебного контента оценочным материалам (тестовым вопросам) в онлайн-курсах.

Тематическое моделирование (Topic Model, ТМ) – вид статистического моделирования, вероятностная модель для поиска семантических структур в наборах документов, основанная на иерархическом Байесовском анализе. По результатам тематического моделирования определяется распределение документов по выявленным темам, а также ключевые слова, образующие каждую тему.

Тематическое моделирование применяется для классификации самых разных документов: для выявления трендов в научных публикациях или новостных статьях, для поиска информации, обработки изображений, обнаружения спама, для рекомендательных систем и пр.

В вероятностном тематическом моделировании документ рассматривается, как набор слов, порядок следования которых не имеет значения. Для каждого документа определено распределение его слов по темам (вероятность, что данный документ относится к заданной теме). В документе содержатся слова, относящиеся к разным темам, в зависимости от пропорций в соотношении количества этих слов и отношения разных слов к разным темам определяется принадлежность всего документа к одной из выбранных тем.

Вероятностное латентно-семантическое индексирование (Probabilistic Latent Semantic Analysis, pLSA) основывается на аспектной модели, связывающей скрытые темы с наблюдаемыми переменными (слова и документы). Каждый документ может с некоторой вероятностью относиться к нескольким темам, что является отличительной чертой данного (вероятностного) подхода [3]. Вероятностная мо-

дель получения пары «документ — термин» (d, w) для темы t из множества T , может быть описана формулой (1).

$$p(d, \omega) = \sum_{t \in T} p(d)p(\omega|t)p(t|d). \quad (1)$$

Скрытое размещение Дирихле (Latent Dirichlet Allocation, LDA) – также позволяет отнести документ к нескольким темам с некоторой вероятностью. Подход схож с pLSA, с той разницей, что в LDA предполагается, что в качестве априори распределения векторы $\theta_d = p(t|d)$ и $\varphi_t = p(w|t)$ имеют распределения Дирихле $Dir(\theta_d; \alpha)$ и $Dir(\varphi_t; \beta)$, где гиперпараметры α и β определяют степень разреженности векторов. На практике в результате построения такой модели получается более корректный набор тематик.

На выходе после обучения модели LDA получаются векторы θ , показывающие, как распределены темы в каждом документе, и распределения φ , показывающие, какие слова более вероятны в тех или иных темах. Таким образом, можно получить для каждого документа список встречающихся в нём тем, а для каждой темы – список характерных для неё слов, т. е. фактически описание темы. Заметим, всё это обучение без учителя (unsupervised learning) и датасет не требует предварительной разметки по темам.

Эксперименты проводились на данных образовательной платформы ILLIAS АлтГТУ. Извлечение документов производится из базы данных системы ILLIAS при помощи SQL-запросов, данные экспортируются в xml или csv-файлы.

Коллекция документов представляет из себя тексты учебных модулей и тестовых заданий некоторой дисциплины. Поскольку подходы тематического моделирования предполагают, что порядок слов в документе значения не имеет, то документ представляется с использованием модели «мешок слов».

Предварительная обработка коллекции документов включала в себя удаление тэгов образовательной платформы и 10 % высокочастотных слов, помимо этого, было выполнено приведение слов к нижнему регистру и удаление пунктуации.

Тематическая модель строилась с помощью библиотеки scikit-learn. Для оценивания качества модели использовалась перплексия.

Был осуществлен подбор следующих параметров модели: количество тем, скорость обучения, метод обучения (пакетный и онлайн), гиперпараметры α и β для распределений θ и φ .

Результатом работы модели является матрица распределений документов по темам, столбцы которой соответствуют сформированным в ходе анализа темам, а строки – документам коллекции. Таким обра-

зом, каждый вопрос теста или каждая страница учебного модуля характеризуется вектором, описывающим соотношение тем в данном вопросе или на странице учебного модуля.

Далее для определения соответствия материалов учебных модулей и тестов попарно находятся косинусные расстояния между векторами учебных модулей и тестов. В результате получается матрица соответствия между абзацами модулей и вопросами тестов. Визуализация фрагмента данной матрицы приведена на рисунке 1.

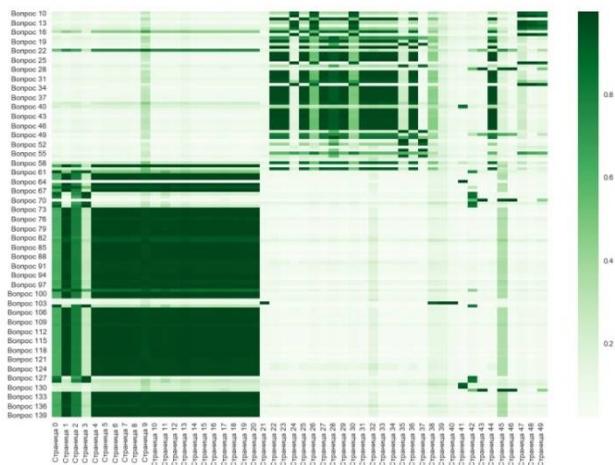


Рисунок 1 – Визуализация фрагмента матрицы косинусных расстояний между учебным контентом и тестовыми заданиями (по горизонтальной оси – параграфы учебных модулей; по вертикальной – тестовые вопросы)

По характеру элементов матрицы можно судить о возможном качестве учебного материала и степени соответствия ему тестовых заданий. На рисунке 1 видны выраженные области прямоугольной формы, показывающие высокое соответствие блоков вопросов блокам глав учебных модулей. Самые светлые строки – это вопросы с низкими косинусными расстояниями, т. е. вопросы, слабо соответствующие содержанию учебных материалов. Вопросы с самой низкой суммой компонентов вектора являются кандидатами на дополнительную экспертизу.

Полученные результаты могут представлять интерес в области образовательной аналитики для создания инструмента, позволяющего анализировать качество электронных курсов в ILIAS и составлять на

основе анализа рекомендации по усовершенствованию тех или иных аспектов курса.

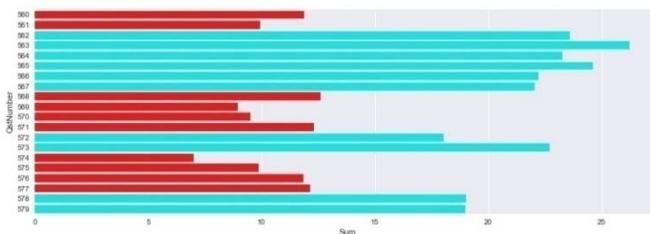


Рисунок 2 – Сумма косинусных расстояний для тестовых заданий (по горизонтальной оси), красным выделены тесты с низкими косинусными расстояниями

Литература. 1. Analyzing Early At-Risk Factors in Higher Education E-Learning Courses / R. S. Baker et al. // International Educational Data Mining Society. – 2015. – С. 150. **2.** Dut, A. A systematic review on educational data mining / A. Dutt, M. A. Ismail, T. Herawan // IEEE Access. – 2017. – Т. 5. – С. 15991–16005. **3.** Коршунов, А. Тематическое моделирование текстов на естественном языке / А. Коршунов, А. Гомзин // Труды Института системного программирования РАН. – 2012. – Т. 23. – С. 222–223.

Реквизиты для справок: Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», к.ф.-м.н, доцент Андреева Ангелика Юрьевна. E-mail: ang_reg@mail.ru.

УДК 004.021

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ТРЕНАЖЁРА НА ОС АНДРОИД ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЕГЭ ПО РУССКОМУ ЯЗЫКУ

И. Е. БЕЛОВОЛОВ, А. Н. ТУШЕВ

Обучение в старших классах школы сопровождается большим стрессом, подготовка к экзаменам и решение тестовых билетов занимает множество времени, зачастую время подготовки распределяется неравномерно и сложно понять, в каких темах наблюдается прогресс понимания предмета, а в каких областях прогресс отсутствует. Благодаря смартфонам, которые в наше время есть практически у каждого, можно модернизировать процесс подготовки к экзаменам, сделать его менее затратным и более результативным.

Операционная система Андроид [1] позволяет создать такое приложение, которое с помощью базы данных учитывает статистику правильных и неправильных ответов при решении тестовых заданий, после завершения тестирования выдает итоговый балл и список тем тех вопросов, на которые был дан неправильный ответ, затем на основе этих тем генерирует новые билеты, которые содержат вопросы только на те темы, на которые был дан неправильный ответ [2].

Для реализации тренажера необходимо решить следующие задачи:

- разработать базу данных таким образом, чтобы в ней мог храниться набор тестовых заданий, ответы пользователя для текущего сеанса, статистика выполнения заданий и информация, необходимая для восстановления состояния сеанса в случае преждевременного завершения работы (выхода из приложения);

- разработать приложение таким образом, чтобы при обновлении базы данных не приходилось вносить изменения в программный код (добавление новых билетов, корректирование существующих);

- обеспечить возможность решения всех типовых заданий ЕГЭ;

- обеспечить вывод статистики после завершения работы. Статистика включает в себя таблицу с ответами пользователя на каждый вопрос билета, правильными ответами, набранный балл и максимально возможный балл, список тем, на вопросы которых пользователь дал неверный ответ;

- вести хранение статистики ответов пользователя (дата прохождения тестирования, номер билета, количество набранных баллов, максимально возможный балл в данном билете);

- обеспечить возможность продолжения работы с приложением в случае преждевременного выхода (кнопка «Продолжить» в главном меню);

- создать возможность генерации новых билетов на основе ответов пользователя (билеты будут включать вопросы по темам, с которыми у пользователя возникли затруднения);

- обеспечить корректную работу приложения на большинстве устройств, учитывая разный форм-фактор, разрешение, формат экрана (работа на планшетах, смартфонах).

Программный тренажер позволит пользователю пройти тестирование на знание предмета с помощью ответа на ряд вопросов после выбора одного из заранее заготовленных билетов. Похожая система реализована в приложении [3], но там отсутствует ведение статистики в каком-либо виде, нет тестовых билетов, для полноценного пользования нужно оформить подписку. Каждый вопрос в билете должен иметь тег, который характеризует тему вопроса. После завершения работы с

вопросами билета, пользователь получит оценку, увидит те вопросы, на которые был дан верный ответ, и те вопросы, на которые был дан неверный ответ. На основе этих данных пользователю будет выдана информация о том, какие темы ему нужно изучить более подробно. Используя список тем, в который пользователь плохо ориентируется, программа сгенерирует новые билеты, которые содержат вопросы на те темы, в которых пользователю нужно лучше разобраться. Таким образом, программа будет подстраиваться под каждого пользователя индивидуально. Должна быть возможность просмотра статистики количества правильных и неправильных ответов на вопросы по определенным темам.

Для разработки основного приложения используется язык Java в среде Android Studio. Для проектирования базы данных используется SQLiteStudio [4]. SQLite была выбрана по причине того, что она является встраиваемой СУБД, а значит, она позволит хранить все задания сразу на устройстве без необходимости настройки и работы выделенного сервера.

Главное меню приложения представляет собой ряд пунктов меню, в число которых входят пункты «Начать тестирование», «Статистика», «Информация», «Связаться с автором», «Продолжить». При нажатии на пункт «Начать тестирование», пользователь попадает в меню выбора билета. На рисунке 1 приведены изображения интерфейса тренажера.

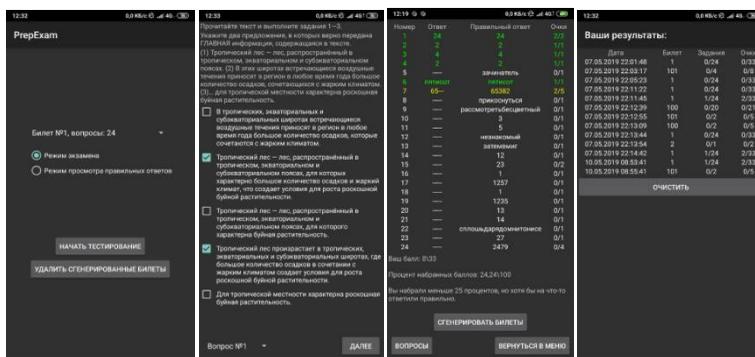


Рисунок 1 – Интерфейс программного тренажера

После выбора одного из билетов приложение начинает работать с базой данных. Приложение выполняет соответствующие запросы, на основании которых меняется интерфейс выполнения задания. На данный момент предусмотрено несколько типов заданий:

- `choose_multiple` – среди нескольких вариантов ответа необходимо выбрать либо один вариант, либо несколько;
- `match5` – необходимо установить соответствие между несколькими предложенными темами (5 букв и 5 чисел);
- `writeln_withtext` – необходимо напечатать ответ в поле для ввода, при этом в задании есть отрывок из текста;
- `writeln` – необходимо напечатать ответ в поле для ввода, при этом в задании нет отрывка из текста.

База данных состоит из четырех таблиц:

- **answers** – таблица, в которой содержатся ответы пользователя на билет, с которым в данный момент работает пользователь. Включает в себя два столбца:

- 1) `task_number` (номер задания; тип `int`);
- 2) `answer_user` (ответ пользователя; тип `string`).

- **progress** – таблица, в которой содержатся данные о текущей сессии. Включает в себя два столбца:

- 1) `parameter` (параметр; тип `string`);
- 2) `value` (значение; тип `int`).

В таблице имеется шесть записей:

- 1) `ticket_number` (номер текущего билета);
- 2) `task_number` (номер текущего задания);
- 3) `current_points` (количество очков, набранных пользователем в текущей сессии);
- 4) `max_points` (максимальное количество очков, которые можно получить за правильные ответы на все вопросы в текущем билете);
- 5) `max_task_number` (число заданий в текущем билете);
- 6) `current_mode` (режим текущей сессии: либо режим экзамена, либо режим просмотра ответов).

- **statistics** – таблица, в которой хранится информация о предыдущих тестированиях. Включает в себя шесть столбцов:

- 1) `date` (дата; тип `text`);
- 2) `ticket_number` (номер билета, по которому проводилось тестирование; тип `int`);
- 3) `tasks_done` (количество заданий, на которые был дан правильный ответ; тип `int`);
- 4) `tasks_total` (общее количество заданий в билете; тип `int`);
- 5) `points_done` (количество баллов, набранное за время решения билета; тип `int`);
- 6) `points_total` (количество баллов, которые можно было бы набрать, если бы на все вопросы был бы дан правильный ответ; тип `int`).

• **test** – таблица, в которой хранится информация об экзаменационных билетах. Включает в себя шестнадцать столбцов (рисунок 2):

1) **subject_name** (имя предмета; тип string);

2) **ticket_number** (номер экзаменационного билета, нумерация билета начинается с единицы; тип int);

3) **task_number** (номер задания в билете, также начинается с единицы; тип int);

4) **task_header** (заголовок задания поделен на несколько частей для удобства, т. к. задания могут содержать разный объем текста; тип text);

5) **task_header2** (второе поле для заголовка задания используется, если задание объемное, может не заполняться; тип text);

6) **task_text** (текст задания, поле необходимо в том случае, если в задании приведен отрывок из художественного текста, может не заполняться; тип text);

7) **task_type** (тип задания, поле является обязательным для заполнения, исходя из данных в этом поле определяется activity в приложении; тип string);

8) **answer1** (поле для выбора варианта ответа, может не заполняться, если целью задания является не выбор определенных вариантов ответов из заранее имеющихся, а написание собственного ответа в текстовое поле; тип text);

9) **answer2** (второе поле для выбора варианта ответа; тип text);

10) **answer3** (третье поле для выбора варианта ответа; тип text);

11) **answer4** (четвертое поле для выбора варианта ответа; тип text);

12) **answer5** (пятое поле для выбора варианта ответа; тип text);

13) **answer_correct** (поле, которое содержит правильный ответ на вопрос; тип text);

14) **task_points** (количество баллов, которое получает пользователь за правильный ответ на конкретное задание; тип int);

15) **task_tag** (поле для хранения тега задания необходимо для определения тем, на вопросы которых пользователь дал неправильный ответ; тип string);

16) **task_theory** (поле, содержащее информацию о том, почему в конкретном задании именно определенный ответ является правильным; тип text).

Таковы главные задачи построения программного тренажера, полное решение которых позволит создать очень полезный программный продукт для выпускника средней школы.

subject name	ticket	task k	task header	task header2	task text	task type	answer1	answer2	answer3	answer5	answer corre	task point	task tag	task theory
1	1	1	Прочитай...	Укажите два предложе...	(1) Прочитай...	choose_multiple	В граммос...	Трениров...	Трениров...	Трениров...	Для трени...	24	2	главные_инф...
2	1	2	Прочитай...	Какие из приведенны...	(1) Прочитай...	choose_multiple	Джексон...	Позвоноч...	Хоча...	Выделен...	Напротив...	2	1	пропусчени...
3	1	3	Прочитай...	Прочитайте фрагмент...	(1) Прочитай...	choose_multiple	Лента, шму...	перен. П...	Простра...	Выделе...	Новости?	4	1	определеие
4	1	4	В одном...	...	...	choose_multiple	строка	Блюзов...	исследо...	целью	новостей?	2	1	ударение
5	1	5	В одном...	ЗАМНИЦИК русского...	...	write1	...	...	...	...	...	...	...	значение
6	1	6	В одном...	более ГИТИСТА рубле...	...	write1	...	...	...	...	...	...	...	словообразо...
7	1	7	Укажите...	Грамматические осн...	Продолжите	match5	...	...	...	...	...	6582	1	граммати...
8	1	8	Определите...	оч, ровней пох. сте...	...	write1	...	...	...	...	...	...	...	прикосну...
9	1	9	Определите...	ра...смотреть бе...цети...	...	write1	...	...	...	...	...	...	...	рассмотре...
10	1	10	Укажите...	ДАТЕМ из машины...	...	choose_multiple	запас_апп...	проезд...	архив...	привел...	...	3	1	главная_пос...
11	1	11	Укажите...	Нелепой вкраски, рес...	...	choose_multiple	(оно) бор...	...лица L...	(оно) ко...	се...щай	(оно) кл...	5	1	и...я
12	1	12	Определите...	Ему казалась, что он...	...	write1	...	...	...	...	...	...	...	незнакомый
13	1	13	Определите...	ДАТЕМ из машины...	...	write1	...	...	...	...	...	...	...	стипто
14	1	14	Укажите...	Нелепой вкраски, рес...	...	write1	...	...	...	...	...	...	...	стипто
15	1	15	Расставьте...	...	...	choose_multiple	Близке к ве...	Превозл...	Пирами...	Импоти...	В вождю...	23	2	заплате
16	1	16	Расставьте...	Мурочка вскоре выш...	...	write1	...	...	...	...	...	...	...	заплате
17	1	17	Расставьте...	Изабел(ой) новой м...	...	write1	...	...	...	...	...	1257	1	заплате
18	1	18	Расставьте...	Нелепой вкраски, рес...	...	write1	...	...	...	...	...	...	...	заплате
19	1	19	Расставьте...	Мы отуживали(Т) ИД...	...	choose_multiple	...	...	...	...	...	1235	1	заплате
20	1	20	Прочитай...	Какие из высказыван...	(1) Ему и та...	choose_multiple	Дети с мал...	Австр...ь...	Русские...	Люди к...	Об детей...	19	1	высказыван...
21	1	21	Прочитай...	Какие из перечисленн...	(1) Ему и та...	choose_multiple	Предложе...	В предло...	Предло...	В предл...	Предложе...	14	1	утверждения
22	1	22	Прочитай...	Ию предложение(Т) Т...	(1) Ему и та...	write_1witht	...	...	...	...	...	...	...	устойчивос...
23	1	23	Прочитай...	Среди предложений Т...	(1) Ему и та...	write_1witht	...	...	...	...	...	...	...	подчеркн...
24	1	24	Прочитай...	Прочитайте фрагмент...	(1) Ему и та...	write_1witht	...	...	...	...	...	2479	4	теорияны

Рисунок 2 – Данные таблицы test

Литература. 1. StartAndroid – учебник по Android для начинающих и продвинутых. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://startandroid.ru/ru/> – Загл. с экрана. **2.** Тесты ЕГЭ-2019 по русскому языку для 11 класса. Яндекс.Репетитор. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://yandex.ru/tutor/subject/?subject_id=3 – Загл. с экрана. **3.** Приложения в GooglePlay – ЕГЭ Русский язык 2019. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://play.google.com/store/apps/details?id=ru.edu4pps.russian>. – Загл. с экрана. **4.** SQLite Tutorial – An Easy Way to Master SQLite Fast. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.sqlitetutorial.net>. – Загл. с экрана.

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, г. Барнаул, студент факультета информационных технологий Беловолов И. Е., тел. моб. +7-923-660-63-82. E-mail: midragon2011@yandex.ru.*

СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ СОРЕВНОВАТЕЛЬНОГО ПОДХОДА

А. Д. РАССОХИН, Е. В. ШАРЛАЕВ

CTF (англ. Capture The Flag) – это командные соревнования, получившие большую популярность по всему миру, и в настоящее время являющиеся регулярным атрибутом множества мероприятий, посвящённых вопросам информационной безопасности.

В «классической» схеме CTF проходит в формате игры, где участникам предоставляется доступ к идентичным серверам с набором предустановленных сервисов (обычно это приложения, написанные с использованием различных технологий и языков программирования), которые необходимо исследовать на предмет наличия уязвимостей; при нахождении уязвимости необходимо эксплуатировать её на команде соперника и получить секретную информацию («флаг»), за сдачу которой атакующему начисляются баллы, а жертва их лишается.

Такой формат игры даёт отличные возможности для демонстрации своих навыков и умений в области информационных технологий и защиты информации, тренирует работу в команде и учит принимать быстрые и эффективные решения.

С каждым годом заинтересованность СТФ увеличивается, о чём говорит статистика по количеству успешно проведённых соревнований по всему миру за период 2011–2019 г. (рисунок 1) [1]. Стоит заметить, что в список попали только крупнейшие мероприятия, имеющие, как правило, международный/межрегиональный статус. Для 2019 г. приведён прогноз на основе первых 4 месяцев года.

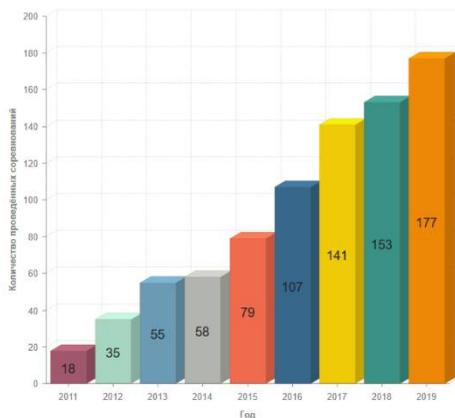


Рисунок 1 – Число проведённых соревнований

Наиболее важные места при организации «классического» СТФ занимают игровая сеть и проверяющая система. При организации игровой сети важно обеспечить минимальные задержки соединения между участниками и жюри, и максимальное время доступности всех узлов. Также необходимо разделить команды на различные подсети и замаскировать трафик между ними, чтобы невозможно было распознать, от кого именно приходит запрос на сервис, и отфильтровать потенциальную атаку. Обычно это достигается специфичной настройкой маршрутизаторов (преобразование сетевых адресов (NAT), межсетевые экраны (iptables) и т. д.).

К проверяющей системе предъявляется куда больше требований:

- отсутствие любых уязвимостей во всех компонентах;
- стабильная работа при больших нагрузках;

- возможность масштабирования при увеличении количества команд-участников;

- простота подготовки, настройки, запуска и поддержки системы.

Из имеющихся в свободном доступе платформ для проведения STF нет таких, которые бы соответствовали всем приведённым выше требованиям. Именно поэтому **целью работы** является разработка тестовой системы для проведения соревнований по информационной безопасности формата STF. Под тестовой системой следует понимать платформу, которая реализует в себе следующие функции:

- осуществление регистрации участников;

- проверка состояния сервисов участников;

- предоставление сервиса (веб-страницы) для публикации командами доказательств проведённых атак («флагов»);

- автоматизированный пересчёт баллов по результатам проверки состояния сервисов и проведённых атак;

- сбор и визуализация статистики по соревнованиям и работе самой платформы;

- отображение текущих результатов соревнования.

В рамках цели были поставлены следующие **задачи**:

- выбрать и обосновать программные средства, технологии и языки программирования для разработки системы;

- спроектировать и разработать систему.

Выбор технологий и языков программирования

Приложение имеет микросервисную архитектуру, средство для взаимодействия компонентов – RabbitMQ, распределенная система управления очередью сообщений, реализующая AMQP, STOMP, MQTT и другие протоколы.

Для развёртывания сервисов использована контейнеризация при помощи docker, что даёт следующие преимущества:

- абстрагирование хост-системы от контейнеризованных приложений;

- кроссплатформенность;

- простота масштабирования;

- простота управления зависимостями и версиями приложения;

- минимизация затрат системных ресурсов на виртуализацию;

- использование «слоёв» для хранения данных, что экономит дисковое пространство.

Для управления всеми компонентами, а также автоматизированного развёртывания и настройки выбран популярный скриптовый язык программирования python версии 3.7+ (при этом уклон сделан на минимальное количество зависимостей от потенциально опасных биб-

лиотек). Он предоставляет CLI (англ. Command Line Interface) для централизованного управления платформой. Также на python запущен веб-сервер с отображением статистики соревнований, панелью управления администратора, приёмом «флагов». Для балансировки нагрузки и отправки участникам статического веб-контента используется современный производительный веб-сервер Nginx.

Базой данных выбран PostgreSQL, за счёт нативной поддержки JSON, множества типов данных и индексов и возможности написания хранимых процедур на различных языках программирования.

Также важно постоянно следить, чтобы компоненты работали исправно, и все сервисы использовали актуальные конфигурации. Для этого будет использоваться discovery-сервис Consul, также предоставляющий key-value хранилище.

Разработка системы

Первая версия платформы была успешно испытана на соревнованиях «AltayCTF-2018» (схемы инфраструктуры и механики игры приведены на рисунках 2–3), которая была доработана и представлена на конкурсе «Лучшие проекты информатизации на Алтае 2018», где заняла 3 место. В данный момент производится рефакторинг кода и модернизация некоторых компонентов.

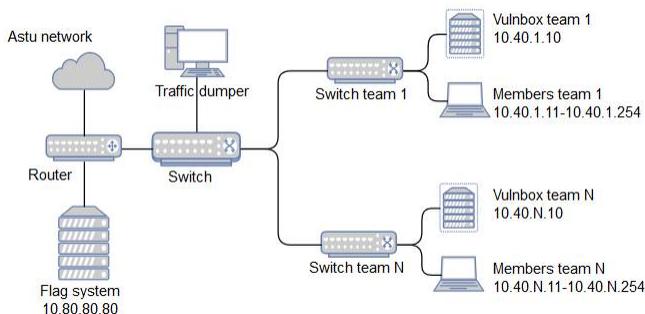


Рисунок 2 – Инфраструктура

Необходимо сделать следующее:

- добавить форму регистрации;
- разработать систему мониторинга, взаимодействующую с HTTP API Consul;
- добавить поддержку общепринятого, «классического» формата скриптов, проверяющих сервисы участников.

Конечную версию приложения планируется запустить на межрегиональных соревнованиях по ИБ среди студентов «AltayCTF-2019».



Рисунок 3 – Механика игры

Литература. 1. CTFtime.org / All about CTF (Capture The Flag). [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ctftime.org/event/list/past>, свободный. (Дата обращения: 05.05.2019). **2.** CTF: Capture the Flag. Как взлом стал спортивным состязанием – «Хакер». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hacker.ru/2016/06/14/ctf/>, свободный. (Дата обращения: 06.05.2019).

УДК 004.422.8

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПРАВИЛЬНОСТИ РАБОТЫ СТУДЕНЧЕСКИХ
ПРОГРАММ ПО КУРСУ «МЕТОДЫ ПРИНЯТИЙ РЕШЕНИЙ»
НАПРАВЛЕНИЯ «ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»**

А. А. КОПЫЛОВ, А. Н. ТУШЕВ

Современный процесс обучения в университетах на IT-направлениях очень загружен. Преподаватель не всегда успевает произвести достаточное количество тестов для проверки правильности лабораторных работ студентов. В связи с этим встает вопрос о разработке приложений, позволяющих оптимизировать процесс проверки и оценивания знаний студента и минимизировать время проверки результатов программ, разработанных по заданиям лабораторных работ.

Целью работы является разработка приложений для проверки лабораторных работ студентов курса «Методы принятия решений» направления «Информационная безопасность».

В задании лабораторных работ преподаватель предоставляет учащимся четкую постановку задачи, уделяет особое внимание описанию формата входных и выходных величин программы.

Для корректного функционирования приложения выделены следующие обязательные условия:

- весь исходный код программы студента должен храниться в одной файле с расширением .ру;
- для ввода данных будет использоваться считывание из файла input;
- выходные данные сформированы в формате строки и записаны в файл output.

Для практической реализации приложений нами был выбран один из самых надежных методов контроля качества и правильности функционирования программ – тестирование.

Рассмотрим функционирование приложения проверки лабораторных работ. В начале работы преподаватель получает файл от студента с готовой программой в виде файла с расширением .ру. Преподаватель имеет возможность добавить файл полностью в программу или скопировать код программы и вставить его в специальное окно интерфейса. Затем модуль тестирования создает временный файл с этой программой. В приложении будут храниться пары файлов input-output, содержащие входные данные для тестирования и эталонные выходные данные соответствующие входным данным. Выбирается случайная пара входных-выходных данных, и происходит запуск временной программы с параметром, в котором передается имя файла с входными данными, например input3. Программа студента должна создать файл output. Затем в окно приложения выводятся данные из файла output и эталонные выходные данные из файла output3. Преподаватель имеет возможность сравнить выходные данные студента с эталонными выходными данными и в зависимости от результатов произвести либо ещё одно тестирование с другим файлом входных данных, либо оценить студента.

В связи с функционированием приложения в заданиях лабораторных работ выдвинуты четкие требования работы программы. Схема работы программы студентов представлена на рисунке 1.

Разработанное программное обеспечение позволяет автоматизировать работу преподавателя, ускорить процесс проверки лабораторных работ, ограничить возможности студентов представлять програм-

мы с хардкодом. Программный комплекс имеет потенциал для улучшения, в будущем может быть разработан модуль оценивания, модуль динамического тестирования.

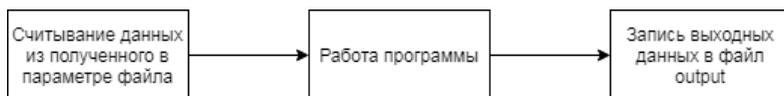


Рисунок 1 – Схема работы программ студентов

Литература. 1. Михеев, И. В. «Программная реализация модуля динамического тестирования учебных программ» / И. В. Михеев, Д. В. Кондратов, О. В. Виштак. **2.** Шагилова, Е. В. Архитектура и реализация онлайн-тестирования для проверки решений задач по олимпиадному программированию [Текст] / Е. В. Шагилова // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. – 2018. – Т. 18. – №2. – С. 212–222. **3.** Лутц, М. Изучаем Python. [Текст] / М. Лутц. – Санкт-Петербург: Символ-Плюс, 2011. – 1280 с. : ил.

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, Алтайский край, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», кандидату технический наук, доценту, Тушеву А. Н. E-mail: tushev51@mail.ru. Россия, 658080, г. Новоалтайск, ул. Космонавтов, 26, Копылову А. А. E-mail: kopylov.a@ext-system.com.*

УДК 551.508.762

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОНИТОРИРОВАНИЯ ВЫСОТЫ НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ ОБЛАЧНОГО ПОКРОВА

К. А. УВАРОВ, А. Г. ЯКУНИН

Как известно, многие из отраслей промышленности, сельского хозяйства и транспортные службы очень сильно зависят от оперативности, своевременности и надежности прогнозов федеральной метеорологической службы. Заблаговременное оповещение их об опасных и особо опасных явлениях погоды, своевременность подачи штормовых предупреждений – всё это необходимые условия для успешной и безопасной работы. Так, например, долгосрочные метеорологические прогнозы имеют решающий вес при организации сельскохозяйственных производств. Одним из самых важных параметров, определяющих возможность прогнозирования опасных погодных условий, является такой показатель, как высота нижней границы облаков (ВНГО) [1]. Не менее важно вести и долгосрочное наблюдение за характером и

основными параметрами облачного покрова, в том числе и за ВНГО, в целях проведения научных исследований в области изучения климатических процессов как в целом по планете, так и в ее отдельных регионах. Очевидно, для таких исследований было бы крайне желательно, чтобы количество точек наблюдения было достаточно велико, чтобы у исследователей была возможность долговременно наблюдать 3D-картину временных изменений ВНГО (а по возможности – и характера облачного покрова) на больших пространственных территориях. К сожалению, спутниковые системы дистанционного зондирования мало подходят для этих целей, т. к. орбиты спутников в своем большинстве не являются стационарными, а существующие методы нахождения ВНГО достаточно дороги для их широкомасштабного применения.

Отсюда вытекает **цель данной работы**: создание максимально дешевого и в то же время достаточно точного программно-аппаратного комплекса, позволяющего в автоматическом режиме определять основные характеристики облачного покрова, в том числе и ВНГО, и пригодного для его применения в многоточечной системе долгосрочного климатического мониторинга, подобной описанной в [2, 3].

На текущий момент есть огромное множество средств измерения ВНГО. Чаще всего, особенно в аэропортах, для этих целей используют приборы, работающие по активному методу измерения, например, светолокационные и лидарные измерители. Их главное преимущество – возможность круглосуточного использования и высокая точность измерений [4, 5]. Так, по данным Росгидромета на апрель 2018 г., доля устройств ДВО-2, работающих по светолокационному принципу, составляла 25 % от общего количества приборов, установленных на аэродромах. На текущий момент устаревшему оборудованию на смену приходят лидарные измерители высоты нижней границы облачности. Они лишены таких недостатков светолокационных измерителей, как зависимость от неблагоприятных погодных условий в виде тумана и осадков. Кроме того, лидарные измерители высоты имеют меньшие габариты, могут обеспечивать непрерывность измерений и позволяют определять высоту и количество облачных слоев [4]. В лидарных, так же, как и в светолокационных установках, высота нижней границы облачности определяется по времени t , за которое свет проходит путь от точки измерения до облака и обратно. Так как скорость света известна ($C \approx 3 \times 10^8$ м/с), то, измерив время, можно определить высоту нижней границы облачности по формуле [4]:

$$H = C * t. \quad (1)$$

Однако несмотря на высокие метрологические и эксплуатационные характеристики, стоимость лидаров достаточно высока, что ограничивает возможность их широкого применения.

Помимо активных методов, существуют также пассивные методы оценки ВНГО. Они имеют меньшую точность, однако нетребовательны к оборудованию, что позволяет использовать их в тех областях, где не нужна высокая точность, например, домашние метеостанции. Кроме того, в отличие от светолокационных и лидарных приборов, такие измерители могут производить измерения и в условиях интенсивной солнечной засветки. Так, пассивный метод оценки высоты нижней границы облачности по минимальным уровням конденсации, предложенный У. Феррелем, Д. Л. Лайхтманом и др. [1] рассчитывает НВГО по формуле:

$$H = 122 * (t - td), \quad (2)$$

где H – высота нижней границы облачности; m ; t – температура воздуха; $^{\circ}C$; td – точка росы, $^{\circ}C$.

Разность температуры воздуха и точки росы называется дефицитом точки росы, в связи с чем этот метод часто называется методом дефицита точки росы. Оба параметра измеряются в градусах Цельсия на метеостанции на высоте 2 м над поверхностью земли. Уровень конденсации, и высоту нижней границы облачности можно определить еще и по формуле А. Н. Ипполитова [1]:

$$H = C * (B - f), \quad (3)$$

где C и B – эмпирические коэффициенты, зависящие от типа облачности; f – относительная влажность воздуха, %, либо по формуле Д. Л. Лайхтмана [1]:

$$H = A * (B - \log_{10} f) \quad (4)$$

где $A = 3780$ и $B = 2,0$ – коэффициенты (для конвективной облачности); f – относительная влажность воздуха, %.

Использование формул (1)–(4) позволяет достаточно точно, с отклонением в пределах 5–10 % от фактического значения, определять минимально возможную высоту нижней границы облачности. Простота заложенных в методах формул позволяет широко применять их в различных математических моделях атмосферы.

Среди описанных пассивных методов наиболее сложным с технической точки зрения является метод определения нижней границы по формуле У. Ферреля, т. к. он требует нахождения точки росы в месте проведения замера, а использование данных, полученных от ближайшей из доступных метеостанций, не может гарантировать точных результатов, потому что ближайшая метеостанция может находиться

на существенном удалении от места определения нижней границы облачности. Методы определения по формулам А. Н. Ипполитова и Д. Л. Лайхтмана похожи по принципу действия, но в них для расчета НВГО помимо относительной влажности необходимо определить тип облачного покрова. При этом метод А. Н. Ипполитова предпочтителен, так как он менее чувствителен к результатам определения типа облачности и имеет меньшую погрешность при наличии комбинированных типов облаков [1]. Для его применения достаточно определять тип облачного покрова в рамках трех классов (слоистые, кучевые, перистые), и поэтому именно он был выбран для реализации программно-аппаратного комплекса.

Основу комплекса составляет микроконтроллер на базе Arduino, к которому подключен датчик температуры и влажности DHT22 и web-камера. Для определения типа облаков изображение с камеры сначала бинаризовалось с применением метода Adaptive Otsu Thresholding, а затем выделялись их границы с помощью оператора Кэнни [6, 7], в которые вписывался эллипс по критерию минимума удаления его границ от границ облаков. Пример соответствующих операций по обработке изображения облачного покрова показан на рисунке 1.

Для классификации облаков к одному из вышеперечисленных классов были использованы следующие критерии

Для кучевых облаков:

- эксцентриситет эллипса стремится к 1;
- количество облаков – 1, реже 2;
- плотность расположения низкая;
- площадь заполнения всего изображения низкая;
- отдельно стоящие облака.

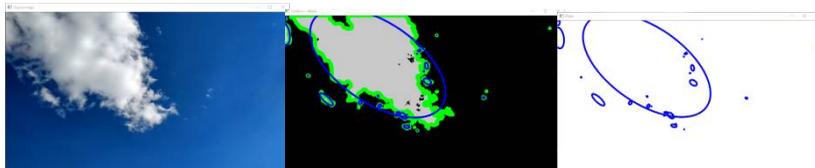


Рисунок 1 – Определение границ облаков. Слева направо: исходное изображение; изображение с выделенными границами; эллипсы, вписанные в границы изолированных областей

Для перистых облаков:

- эксцентриситет эллипса стремится к 0;
- большое количество облаков в кадре;
- плотность расположения облаков высокая;

- площадь заполнения всего изображения высокая;
- облака расположены параллельно друг другу.

Для слоистых облаков:

- эксцентриситет эллипса лежит в диапазоне от 0,25 до 0,75;
- малое общее количество облаков в кадре, как правило – 1;
- высокая плотность;

- большая площадь заполнения изображения, облако занимает все пространство кадра;

- облака накладываются друг на друга.

Таким образом, применение достаточно простых программно-аппаратных решений позволило создать простой и дешевый комплекс, способный решать поставленную задачу, правда, только в светлое время суток. В перспективе планируется получаемые с его помощью результаты транслировать на сервер информационной системы технического и климатического мониторинга университетского кампуса, описанного в работе [8].

Литература. 1. Об изменчивости высоты нижней границы облаков // Метеорология и гидрология. – 1968. – № 5. – С. 30–41. **2.** Фликов, И. Д. Система многоточечного климатического анализа / И. Д. Фликов, А. Г. Якунин // Материалы IX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь-2016», секция «Информационные технологии», подсекция «Вычислительные системы и информационная безопасность», 2016. – С. 8–10. URL : http://edu.secna.ru/media/f/ivtib_tez_2016_.pdf. **3.** Yakunin, A. G. Hardware-software and algorithmic provision of multipoint systems for long-term monitoring of dynamic processes / A. G. Yakunin, H. M. Hussein // IOP Publishing IOP Conf. Series : Journal of Physics : Conf. – Series 881 (2017). – DOI : 90.1088/1742-6596/881/1/012028. **4.** Батраков, А. С. Лазерные системы / А. С. Батраков, М. М. Бугусов, Г. П. Гречка // Радио и связь. – 1981. **5.** Федорцев, Р. В. Алгоритм расчета высоты нижней границы облаков / Р. В. Федорцев, Е. П. Каролик, А. А. Кудряшов // Вестник Белорусского национального технического университета : научно-технический журнал. – 2010. – № 5. – С. 32–36. – Режим доступа : <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/1414/32-36.pdf?sequence=4&isAllowed=y>, <https://cyberleninka.ru/article/v/algorithm-rascheta-vysoty-nizhney-granitsy-oblakov/>. **6.** OpenCV. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://opencv.org>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ. **7.** Бакут, П. А. Сегментация изображений: методы выделения границ областей / П. А. Бакут, Г. С. Колмогоров, И. Э. Ворновицкий // Зарубежная радиоэлектроника. – 1987. – № 10. **8.** Сучкова, Л. И. Реализация прототипа системы кон-

троля процессов жизнеобеспечения университетского кампуса / Л. И. Сучкова, А. Г. Якунин, Р. В. Кунц // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2012. – № 5 (93). – С. 153–157.

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», доктору технических наук, профессору, Якунину А. Г. E-mail: almpas@list.ru.*

УДК 551.557

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ОБЛАКОВ ЧЕРЕЗ ДЕСКРИПТОРЫ ОПОРНЫХ ТОЧЕК

К. А. УВАРОВ, А. Г. ЯКУНИН

Вопросы определения параметров и свойств облаков, в т. ч. скорости и направления их перемещения, играют большую роль в исследованиях в области метеорологии и климатологии, связанных с изучением процессов, протекающих в атмосфере [1, 2]. Наиболее часто для нахождения скорости применяются методы, использующие либо данные спутникового зондирования [3], либо с применением лидара и фото- или видеосъемки [4, 5]. Однако по спутниковым данным скорость облаков можно найти только очень приблизительно, а использование лидара удорожает экспериментальное оборудование. В работах [6, 7] предлагаются чисто пассивные методы определения скорости, однако в [6] предоставленной информации недостаточно для оценки эффективности предложенного решения, а в триангуляционном методе, описанном в [7] получение достаточной точности измерения, вызывает определенные проблемы, связанные со сложностью юстировки двух разнесенных в пространстве матричных фотоприемников. Кроме того, часть из перечисленных методов, например, метод, описанный в [4], требуют достаточно мощных вычислительных ресурсов из-за использования для оценки смещения контролируемого изображения облака двумерного корреляционного метода. Важно также учитывать, что за межкадровый интервал форма облаков может сильно измениться, что, при их низкой контрастности, может сильно размыть автокорреляционный пик, а, следовательно, дополнительно увеличить погрешность измерения.

Для минимизации перечисленных недостатков предлагается использовать пассивный метод оптической локации, в котором на изображении выделяются особые точки, смещение которых в дальнейшем используются для нахождения средней скорости облака.

Для нахождения опорных точек на изображении облака (рисунок 1), предлагается использовать метод компьютерного зрения SURF (Speeded Up Robust Features) [8], поскольку он является одним из самых быстрых и точных алгоритмов на текущий момент. Алгоритм SURF имеет следующий алгоритм решения задачи [9]:

1. На изображениях выделяются общие точки и определяются их дескрипторы.
2. По совпадению дескрипторов на смежных кадрах изображения определяются общие точки.
3. На основе набора совпавших точек находится скорость перемещения всего изображения облака. Для этого рассматривались три варианта: смещение центра тяжести общих точек, среднеарифметическое смещение и среднегеометрическое смещение.

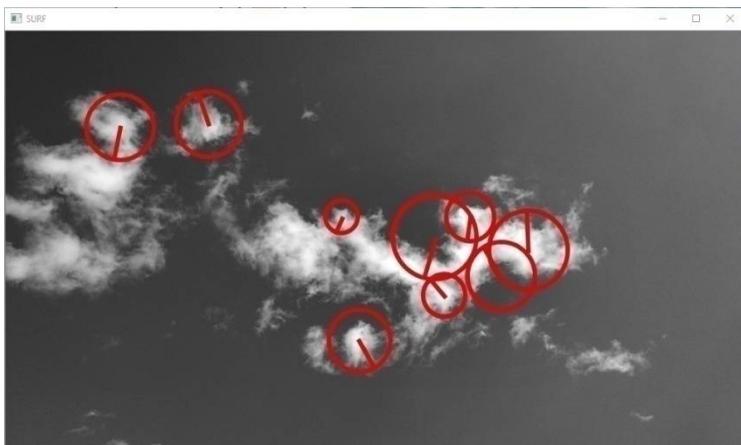


Рисунок 1 – Определение опорных точек и их градиента

Проведенные вычислительные эксперименты показали, что рассеяние получаемых этими тремя способами результатов лежит, в зависимости от типа облачного покрова, скорости перемещения облака и характера деформации контура его границ, в пределах 5–10%, что вполне допустимо для такого простого программно-аппаратного решения, не требующего применения сколько-нибудь существенных затрат. Пересчет смещения изображения на матрице фотоприемника в фактическое смещение облачной границы выполнялся по формуле тонкой линзы [10]:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{D} = \frac{1}{f}, \quad (1)$$

где d – расстояние от линзы до облака; D – расстояние от линзы до изображения облака на матрице фотоприемника, f – фокусное расстояние линзы.

Из (1), учитывая, что при угле визирования на смещенную опорную точку α (рисунок 2) расстояние H , пройденное опорной точкой на матрице фотоприемника и фактически пройденное расстояние ее в плоскости облака h , задаются выражениями

$$h = d * \operatorname{tg}(\alpha), \quad (2)$$

$$H = D * \operatorname{tg}(\alpha), \quad (3)$$

получим следующее выражение для вычисления h :

$$h = \frac{(d-f)*H}{f}. \quad (4)$$

Для нахождения расстояния до облака можно воспользоваться еще одним пассивным методом, основанном на определении типа облачного покрова и измерении влажности воздуха, и описанном в работе [11].

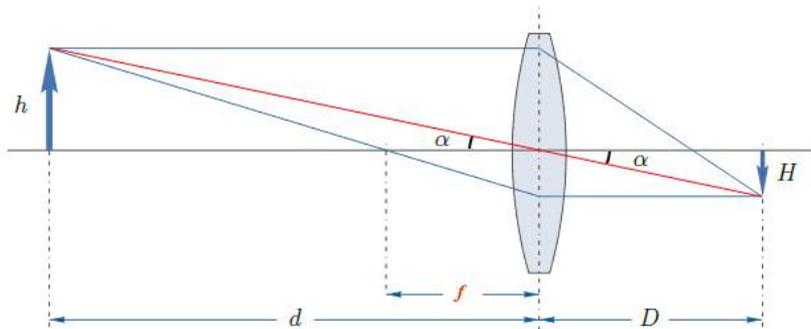


Рисунок 2 – Схема хода лучей в оптической системе

Таким образом, зная интегральную величину смещения найденных на изображениях облака общих опорных точек на изображении H' , можно из (4) определить соответствующее значение для фактического смещения облаков h' , равное расстоянию, пройденному облаком за единицу времени t между двумя смежными кадрами изображения, а значит и скорость перемещения облака:

$$v = h/t \quad (5)$$

Литература. 1. Толмачева, Н. И. Мониторинг облачного покрова для решения задач региональной климатологии / Н. И. Толмачева. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://docplayer.ru/31537477->

Monitoring-oblachnogo-pokrova-dlya-resheniya-zadach-regionalnoy-klimatologii-n-i-tolmacheva.html. 2. Толмачева, Н. И. Исследование параметров облачности и явлений по данным спутникового и радиолокационного зондирования / Н. И. Толмачева, Л. Н. Ермакова // Географический вестник. – 2011. – № 3 (18). (URL: <http://press.psu.ru/index.php/geogr/article/view/729/565>). 3. Скороход, Н. Н. Оценка скорости и направления облачности на основании спутниковых данных / Н. Н. Скороход // Магистерская диссертация. – Томск, Томский государственный университет. – 2016. – 42 с. 4. Контроль скорости перемещения атмосферных аэрозольных образований с использованием видео- и лидарной информации, журнал «Оптика атмосферы и океана» / Ю. С. Балин [и др.]. – 2004. – № 12. – Т. 17. 5. Определение скорости и направления перемещения облаков верхнего яруса с использованием лидара и цифровой фотокамеры / А. И. Елизаров [и др.] // Известия ВУЗов. Физика. – 2013. – № 8/3. – Т. 56. – С. 224–227. 6. Чуличков, А. И. Определение скорости движения и высоты облаков по последовательности их изображений / А. И. Чуличков, А. В. Иванова // XIX Международная конференция «Математика. Компьютер. Образование». – Москва, МГУ ; Дубна, 30 января – 4 февраля 2012 г. (URL : <http://www.mce.su/archive/doc150977/rus.pdf>). 7. Зуев, С. В. Способ определения высоты, направления и скорости движения нижней границы облачности / С. В. Зуев // Патент РФ 2321029 С1, опубликован 27.03.2008, БИ № 9. 8. Gool Speeded-Up Robust Features (SURF) / Н. Bay [et al.] // Computer Vision and Image Understanding. – 2008. – № 110. – P. 346–359. (URL: <http://www.cs.zju.edu.cn/~gpan/course/materials/SURF.pdf>). 9. OpenCV. – Электрон. дан. – [Б.м.], [2013]. – Режим доступа : <http://opencv.org>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ. 10. Бебчук, Л. Г. Прикладная оптика : учеб. пособие для приборостроительных специальностей вузов / Л. Г. Бебчук. – Москва : Машиностроение, 1988. – 312 с. 11. Уваров, К. А. Разработка программно-аппаратного комплекса для мониторинга нижней границы облачного покрова / К. А. Уваров, А. Г. Якунин // в этом же сборнике.

Реквизиты для справок: Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», доктору технических наук, профессору, Якунину А. Г. E-mail: almpas@list.ru.

5 ЭЛЕМЕНТЫ, УСТРОЙСТВА И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ, КОНТРОЛЯ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ

УДК 620.179.12

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЖИМНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВИБРАЦИОННЫХ НАГРУЗОК

Д. Р. НИ

На сегодняшний день большое значение имеют вибрационные нагрузки и их влияние на различные электронные устройства. В большей части случаев влияние имеет негативный характер и приводит к неисправности работы электронных устройств.

В процессе эксплуатации печатная плата может подвергаться значительным механическим воздействиям – вибрации, ударным и линейным нагрузкам, вызывающим большие механические напряжения в отдельных элементах платы, что может привести к нарушению нормального режима работы аппаратуры или выходу ее из строя.

Наибольшее количество отказов приходится на долю механических факторов воздействия, поэтому повышение надежности является важной научно-практической задачей, качество решения которой напрямую зависит от глубины понимания всех механизмов при воздействии вибрационных нагрузок.

Анализ многих механизмов, протекающих при воздействии вибрации, можно смоделировать в современных CAD-системах. В данном исследовании проектирование вводится при помощи программы T-FLEX CAD – полнофункциональной системы автоматизированного проектирования. Она объединяет мощные параметрические возможности трехмерного моделирования. Система основана на известном геометрическом ядре Parasolid, разработанном компанией UGS. Средства трехмерного моделирования T-FLEX CAD позволяют легко создавать как простые детали, так и сборочные модели, состоящие из тысяч компонентов. T-FLEX CAD объединяет возможности твердотельного и поверхностного моделирования, позволяя применять для создания поверхностей тот же набор операций, что и для моделирования твердых тел. Комбинированное использование поверхностного и твердотельного моделирования придает большую гибкость проектным решениям.

Крепление печатных плат осуществляется при помощи зажимных приспособлений, что представляет собой систему конструктивных элементов, удерживающих печатную плату в конструкции более высо-

кого уровня (в раме, на корпусе, на материнской плате и т. п.). Крепление печатных плат может осуществляться различными способами. Наиболее распространенными являются крепление с помощью винтовых соединений и защелок.

Для крепления на винтах в плате выполняются крепежные отверстия, как правило, неметаллизованные, либо с металлизацией и увеличенными площадками, обеспечивающими опору для головки винта. В некоторых случаях, когда к соединению общей шины платы с корпусом не предъявляется высоких требований, крепежное отверстие может иметь электрический контакт с общей шиной платы [1].

Для крепления на защелках на плате должны быть выполнены свободные области, достаточно удаленные от компонентов и прочих элементов, мешающих креплению. Если плата устанавливается в направлении своей плоскости, то для защелок выполняются ответные элементы на контуре печатной платы в виде вырезов, получаемых фрезеровкой.

При этажерочной конструкции печатные платы могут крепиться одна над другой с помощью стоек, обеспечивающих необходимое расстояние между платами. Широко используются полимерные стойки-защелки.

Так как вибрации представляют внешнее воздействие, то все влияние на печатную плату будет передаваться через крепежные элементы. Поэтому изменяя форму крепежа можно изменить нагрузку, которую испытывает плата. На данную модель платы все вибрационные нагрузки передаются через 4 винтовых отверстия (рисунок 1).

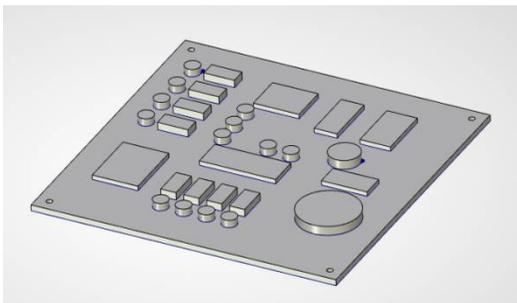


Рисунок 1 – 3D-модель печатной платы с винтовым креплением

На модель платы, изображенной на рисунке 2, все вибрационные нагрузки передаются через свободные области, которые удалены от элементов.

При воздействии вибрационных нагрузок, имеющих широкий диапазон частот в плате могут возникнуть изгибные, поперечные, продольные и поверхностные волны, которые распространяясь по материалу конструкции, возбуждают виброшумы в элементах.

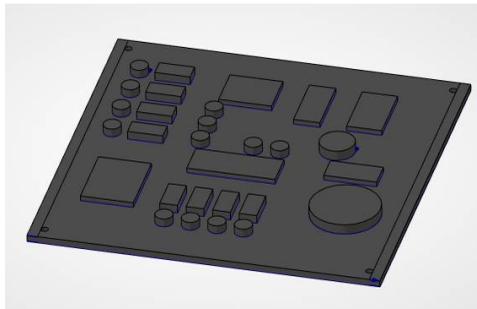


Рисунок 2 – 3D-модель печатной платы с креплением на защелках

Воздействие вибрации существенным образом развивает и ускоряет процессы разрушения, связанные с наличием отслоений, трещин и т. д. Даже элементы изделий, дефекты которых в обычных условиях не проявляются, могут оказаться крайне чувствительными по отношению к слабым вибрациям (точечная сварка и др.). Технические материалы, на первый взгляд кажущиеся однородными, всегда содержат большое количество дефектов различного происхождения и самых разнообразных размеров. [2]

Список использованной литературы: 1. Карпушин, В. Б. Вибрация и удары в радиоаппаратуре / В. Б. Карпушин. – Москва : Советское радио, 1971. – 344 с. 2. Герасимов, О. Н. Исследование влияния воздействия вибрационных нагрузок на конструкционные материалы изделий электронной техники / О. Н. Герасимов, А. Ю. Доросинский, М. Н. Березин // Надежность и качество сложных систем. – 2017. – № 3 (19). – С. 37–42. DOI 10.21685/2307-4205-2017-3-6.

УДК 004.738.2

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ BLUETOOTH LOW ENERGY ДАТЧИКОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА

А. А. ХАЛИН, А. Г. ЗРЮМОВА, П. А. ЗРЮМОВ

Стремительное развитие мобильных и беспроводных сетевых технологий позволяют улучшить характер контроля за местоположением людей внутри помещений различного вида. Благодаря данным

технологиям значительно понижаются риски предприятий и организаций, связанные с человеческим фактором – обеспечение безопасности и эффективной организации контроля при проведении спортивных, досуговых и других массовых мероприятий. Востребованной и актуальной задачей является создание системы автоматизированного контроля местоположения за детьми в торгово-развлекательных центрах. Внедрение таких систем позволит сократить затраты на наём дополнительного персонала.

Очевидно, что факт наличия точных данных о местонахождении детей в любой момент времени, возможность отправлять в автоматизированные системы сведения об их перемещениях открывают широкие возможности. Однако качественные показатели данной области требуют достаточно высокой точности для контроля местонахождения ребенка в помещении. Исходя из этого, необходимо произвести отбор и дальнейший анализ системы контроля местоположения, подходящей для условий эксплуатации.

В данный момент наиболее популярными являются системы позиционирования: GPS, A-GPS и ГЛОНАСС. Ключевой проблемой данных систем являются их ограничения. Так, к примеру, GPS и ГЛОНАСС малоприспособны, а в некоторых ситуациях не пригодны совсем для контроля геолокации внутри помещений, так как спутниковый сигнал ослабляется стенами и перекрытиями, что снижает точность определения местоположения [1].

В офисах, организациях или на промышленных территориях для контроля местоположения может использоваться сеть Wi-Fi. Основным недостатком при контроле местоположения для данной сетевой технологии является необходимость в постоянном источнике питания. Поэтому в мировой практике появляется все больше систем, где в качестве базовой технологии при построении систем контроля используется Bluetooth Low Energy.

Основные области применения технологии Bluetooth Low Energy связаны с коммуникационными ресурсами и информационным контентом окружающего пространства. В первую очередь, это развлекательные центры, фитнес залы, выставочные галереи, библиотеки, музеи прочие общественные места. Технология позволяет обеспечить взаимодействие между различными устройствами: фитнес-часы, пульсометры, шагомеры, датчики контроля температуры, влажности, сигнализации. В медицинских целях к сети могут подключаться: высокоточные глюкометры, измерители артериального давления. В развлекательных центрах подключают пульты дистанционного управления, игровые контроллеры. Технология Bluetooth Low Energy благодаря

своей автономности применяется в индустриальной автоматике (роботы, моторы), в домашней автоматике для построения систем управления домом, а также в области безопасности в качестве электрических ключей [2].

Технология Bluetooth Low Energy (BLE, Bluetooth 4.0) представляет собой технологию беспроводной связи для обеспечения ближних коммуникаций. Её первоначальное применение было связано с системами сбора данных, использующих мониторинг с автономным питанием. Технология Bluetooth Low Energy строится по топологии типа «точка-точка» и «звезда», что отличает её от сенсорных сетей, например, таких как ZigBee или 6LoWPAN [2].

Архитектура BLE состоит из трех частей. Первая часть архитектуры включает в себя контроллер (Controller). Контроллер работает на физическом и канальном уровне модели OSI. В некоторых случаях в контроллер интегрирован беспроводной трансивер. Вторую часть архитектуры формирует узел сети (Host). Узел сети работает на верхних уровнях модели OSI и реализуется через программное обеспечение микроконтроллера. Контроллер и узел сети являются неизменными компонентами архитектуры [6].

Третью часть архитектуры формирует приложение. Приложение является изменяемой частью архитектуры, как и во многих других информационных системах, т. к. оно отвечает за наличие пользовательского интерфейса и обработки данных. Стоит отметить, что архитектура приложения напрямую зависит от конкретных условий реализации проекта. Структура протокола (стек) BLE представлена на рисунке 1.

Посредником между монолитными частями Host и Controller в Bluetooth Low Energy – является интерфейс Host Controller Interface (HCI) [2, 4].

Для реализации методики контроля местоположения объекта с помощью технологии Bluetooth Low Energy, используется несколько алгоритмов. Разница между алгоритмами проявляется в сложности технической реализации и стоимости системы контроля. Рассмотрим два распространенных алгоритма.

Первый алгоритм подходит для небольших помещений. Его суть заключается в контроле местоположения определенной зоны, а именно факта присутствия человека в данном помещении. Контроль основан на анализе уровня сигнала маячка с устройства приемника, находящегося у человека. Уровень данного сигнала конвертируется в метрическую систему измерения, тем самым можно судить об удаленности объекта от контролируемой зоны, а также находится объект в данной зоне или покинул ее.

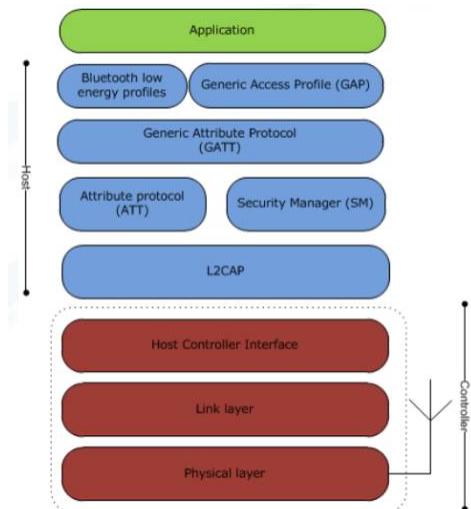


Рисунок 1 – Классическая архитектура BLE

К плюсам такого подхода относится низкая стоимость контролирующей системы. Это связано с тем, что для полноценной работы алгоритма достаточно иметь в наличии один BLE-датчик, например, beacon. Вторым главным плюсом данного алгоритма является отсутствие привязанности к определенной зоне, что позволяет расширить возможности использования BLE. Например, можно контролировать местоположение ребенка в развлекательном детском центре с помощью браслета с датчиком beacon.

Второй алгоритм сложен и требует наличия более 3 маячков, однако с помощью данного алгоритма возможен контроль местоположения в реальном времени с хорошей точностью. Это происходит благодаря трилатерации – построению на местности примыкающих друг к другу треугольников, в которых измеряются горизонтальные углы и длина стороны одного треугольника, или триангуляции – построению на местности примыкающих друг к другу треугольников и измерении длин всех их сторон. Такой метод реализации очень подходит для больших помещений, однако, количество маячков будет напрямую зависеть от размеров помещений, т. е. чем больше пространства, тем большее количество маячков необходимо установить.

Таким образом, можно выделить общие черты алгоритмов контроля местоположения пользователя с помощью Bluetooth Low Energy, они включают в себя:

- 1) расстановку beacons в помещении;
- 2) разработку программного обеспечения;
- 3) установку программного обеспечения на смартфон пользователя;
- 4) контроль уровня сигнала от маячков;
- 5) преобразование уровня сигнала в расстояние;
- 6) вывод информации о местоположении объекта на смартфон пользователя.

Выводы. Исследованы технические средства организации системы контроля местоположения объектов внутри помещений. Выполнен сравнительный анализ технологий для контроля местоположения объектов внутри помещений. Рассмотрена структура протокола BLE, а также алгоритмы построения систем контроля на основе BLE-технологии.

Литература. 1. Лисицын, Г. В. Employee health and location monitoring / Г. В. Лисицын. – 2012. – Режим доступа : <http://lib.tssonline.ru/articles2/focus/monitoring-mestopolozheniya-i-samochustviya-sotrudnikov>. – Загл. с экрана. (Дата обращения 16.03.2019). **2.** Калачев, А. Для мобильных стражей: беспроводной стандарт Bluetooth Low Energy в системах безопасности / А. Калачев // Новости электроники. – 2013. – № 1. **3.** Bluetooth low energy technology. [Электронный ресурс] : Blue giga Technologies. – Режим доступа: https://www.compel.ru/wordpress/wp-content/uploads/2012/04/Bluetooth_low_energy_technology.pdf. – Загл. с экрана. (Дата обращения 16.03.2019). **4.** Johanna Nieminen Connecting IPv6 capable Bluetooth Low Energy sensors with the Internet of Things. – 2012. – Режим доступа : http://www.futureinternet.fi/seminar2012/Nieminen_IPv6_over_BTLE_300512.pdf. – Загл. с экрана. (Дата обращения 16.03.2019). **5.** Overview and Evaluation of Bluetooth Low Energy: An Emerging Low-Power Wireless Technology. [Электронный ресурс]: Sensors. – Режим доступа : <https://www.mdpi.com/1424-8220/12/9/11734>. – Загл. с экрана. (Дата обращения 16.03.2019). **6.** Townsend, K. Getting Started with Bluetooth Low Energy / К. Townsend [et al]. – O'Reilly Media, Inc., 2014.

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», к. т. н., доцент Зрюмова Анастасия Геннадьевна, тел. (385-2) 29-09-13. E-mail: a.zrumova@mail.ru.*

СЕМАНТИЧЕСКИЙ ГРАФ КАК СПОСОБ ХРАНЕНИЯ РЕЗЮМИРУЮЩЕЙ ИНФОРМАЦИИ О СМЫСЛОВОЙ НАГРУЗКЕ В ТЕКСТЕ

Р. З. АКСЁНОВ, Л. И. СУЧКОВА

Развитие методов записи и хранения данных привело к бурному росту объемов собираемой и анализируемой информации. Объемы данных настолько внушительны, что человеку просто не по силам проанализировать их самостоятельно, хотя необходимость проведения такого анализа вполне очевидна, ведь в этих «сырых» данных заключены знания, которые могут быть использованы при принятии решений. Для того чтобы провести автоматический анализ данных, используется Text Mining.

Автоматическая обработка текста (АОТ) применима для поиска предложений со скрытым смыслом, для нахождения опасных для жизнедеятельности человека фраз и выражений, неизвестных зависимостей и определения пользователей, которыми был написан текст. Обработку текстов так же используют спецслужбы для расшифровки сообщений, и на сегодняшний день актуальна разработка алгоритмов по оценке смысловых аспектов текстовой информации, в т. ч. информации, размещенной в социальных сетях.

Одним из самых распространенных способов АОТ является его сопоставление с различными шаблонами. В данной работе предлагается метод сопоставления текста с базовыми семантическими шаблонами, в результате чего формируются семантические зависимости, связывающие части анализируемого предложения.

Целью работы является экспериментальное определение смыслов тех или иных словосочетаний или предложений, используемых в текстах.

Была разработана схема алгоритма работы определения смыслов текстов (рисунок 1).

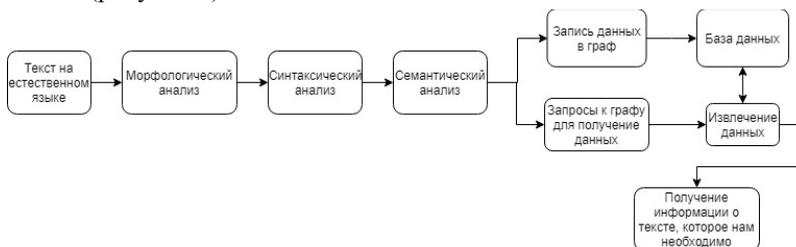


Рисунок 1 – Схема работы алгоритма определения смысла текстов

Исходя из схемы работы алгоритма (рисунок 1) видно, что на вход поступает текст на естественном языке, который разбивается на предложения, а предложения в свою очередь на слова. Все слова проходят морфологический анализ, результатом которого является полная информация о слове (падеж, род, число, время и т. д.). Исходя из этой информации, генерируются словосочетания. Дальнейшим этапом является сравнение этих словосочетаний и слов «термов» с основным текстом с использованием алгоритма латентно-семантического анализа [4]. Результатом данного сравнения является вероятностная схема необходимости данного словосочетания или слова в тексте. На следующем этапе происходит поиск всей полученной информации в графе и при ее отсутствии добавление необходимых узлов, при наличии узла происходит только добавление новых связей, старые при этом не изменяются. Построенный граф используется в латентно-семантическом анализе.

В качестве базы данных был выбран семантический граф (рисунок 2), который имеет следующую структуру. Узел «Тип слова» содержит поле «часть речи». Узел «Слова» содержит поля: 1) вероятность – метрическая величина, характеризующая частоту встречи слова в текстах; 2) список синонимов – список всех близких по смыслу слов; 3) часть речи; 4) список форм – список всех форм слова (например, слово вода имеет формы: водяной, водный и т. д.).

Узел «Словоформы» включает поля: 1) слово; 2) близость – метрическая величина, характеризующая близость одного слова к другому.

Узел «Словосочетания» содержит поля: 1) список слов – список слов, входящих в словосочетание; 2) близость; 3) список аналогичных словосочетаний; 4) сходимость – метрическая величина, характеризующая способность быть уместным в тексте словосочетанием.

Узел «Грамматические основы» имеет поля: 1) подлежащее; 2) сказуемое.

Узел «Предложение» включает поля: 1) список словосочетаний – список всех словосочетаний, которые находятся в предложении; 2) вес предложения – метрическая величина, характеризующая необходимость данного предложения в тексте; 3) смысловые нагрузки – списки слов, которые смогут описать предложение, подчеркнув его смысл.

Узел «Семантические нагрузки» содержит следующие поля: 1) вес – метрическая величина, характеризующая точность смысловой нагрузки; 2) содержание – слова, которые могут описать предложение, подчеркнув его смысл.

Узел «Текст» включает поля: 1) тема – тема текста; 2) название – название текста; 3) список предложений – список всех предложений, находящихся в тексте.

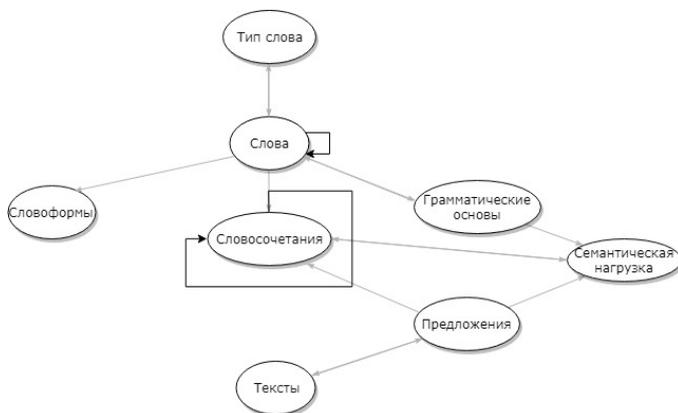


Рисунок 2 – Структура семантического графа

Связи в модели тоже имеют важное значение, так как с их помощью мы можем как разобрать любой текст на части речи, так и собрать его из других слов и словосочетаний, при этом полностью сохранив смысл текста.

В узлах «Слова» и «Словосочетания» присутствуют так называемые «петли», это означает, что в одном узле могут находиться ссылки на другие узлы, которые могут быть схожи с главным узлом (например, у слова есть синонимы – близкие по смыслу слова).

Таким образом, разработанный алгоритм работы и предложенная схема хранения информации о текстах в виде семантического графа дают возможность нахождения различных вариаций использования тех или иных слов или предложений в контекстах.

Литература. 1. Загорулько, Ю. А. Система извлечения предметной терминологии из текста на основе лексико-синтаксических шаблонов / Ю. А. Загорулько Е. А. Сидорова // Труды XIII Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах». – Самара, 2011. – С. 506–511. 2. Fay Chang, Jeffrey Dean, Sanjay Ghemawat, Wilson C. Hsieh, Deborah A., Wallach, Mike Burrows, Tushar Chandra, Andrew Fikes, Robert E. Gruber. Bigtable : A Distributed Storage System for Structured Data – Google Inc. – 2006. – 14 с. 3. Крапущина, Н. В. Подход к разработке системы хранилищ знаний / Н. В. Крапущина, Д. Ю. Кузнецов // Экономика, информационные технологии и управление в металлургии : сб. научных трудов ; под ред. А. Г. Дьячко. – Москва : МИСиС, 2003. – С. 71–76. 4. Заболевая-Зотова, А. В. Латентный семантический анализ: новые решения в

Internet / А. В. Заболеева-Зотова. – Москва : Информационные технологии, 2001. – 22 с.

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», кафедра «Информатика, вычислительная техника и информационная безопасность», Аксёнов Р. З., тел. 8-929-322-7726. E-mail: Commendme@yandex.ru.*

УДК 004.93

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗРИТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА

О. В. КАЛИНИЧЕНКО, П. А. ЗРЮМОВ

В настоящее время технология обнаружения зрительной активности применяется в различных областях, таких как взаимодействие людей с ограниченными способностями с компьютером, обнаружение сонливости у водителей автотранспорта и определение когнитивной нагрузки. Следовательно, анализ состояния глаз с точки зрения периода, количества и частоты движения век является важным источником информации о состоянии субъекта и позволит исследовать изменение состояния пользователя при длительной работе за компьютером.

При сосредоточении на выполнении задачи у человека наблюдается снижение зрительной активности. Это связано с обработкой визуальной информации, т. е. движение век не осуществляется, пока требуется анализ информации, полученной в ходе решения задачи. Согласно некоторым исследованиям, зрительная активность проявляется в перерывах потока информации, и чаще в периоды, когда пользователю предоставляется мало информации. Например, в конце предложения во время чтения или во время смены сцены во время просмотра фильма [1]. Количество миганий глаз уменьшается, когда выполнение задачи требует большого внимания, при этом происходит увеличение зрительного напряжения. Иначе говоря, у пользователя наблюдается усталость глаз.

Целью работы является проведение экспериментальных исследований зависимости зрительной активности от времени, проведённого за компьютером.

Для определения активности глаз было создано программное обеспечение, реализующее алгоритм распознавания объектов на изображении. Получения видеоряда осуществлялось посредством видеокамеры.



Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма определения зрительной активности

Алгоритм заключается в следующем. К каждому входному кадру применяется каскадный классификатор. Он позволяет находить ключевые области на лице человека. Таким образом, сначала осуществляется поиск области лица и области глаз. Поиск ключевых областей производится за счет сравнения примитивов Хаара с текущим кадром. Затем зрительный классификатор на основе полученной информации с предыдущего блока дает оценку, закрыты или открыты глаза. Когда полученный сигнал свидетельствует об отсутствии открытых глаз на изображении, результат не будет засчитан, если он не попадает во временной интервал от 100 до 400 мс.

Методы распознавания чувствительны к резким изменениям освещения, особенно это заметно при слишком ярком или темном освещении. На основе этого были проведены эксперименты в условиях естественного и искусственного освещения, результаты которых представлены в виде графиков зависимости частоты движения век от времени. Общее время экспериментов составляет 3 часа 15 минут.

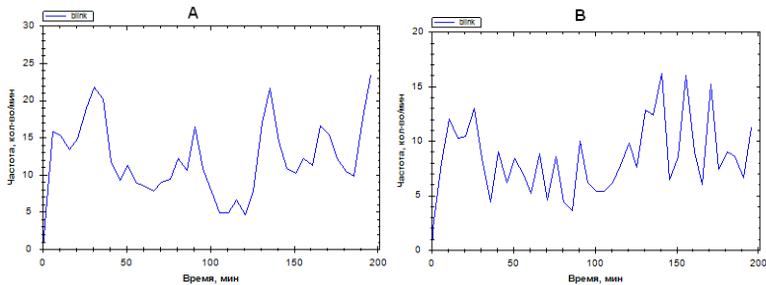


Рисунок 2 – Исследование зрительной активности при естественном освещении

Согласно исследованиям, в нормальном состоянии средняя частота морганий составляет около 14 морганий в минуту [2]. Однако когда пользователь смотрит на монитор, это значение снижается до 5–7 миг/мин.

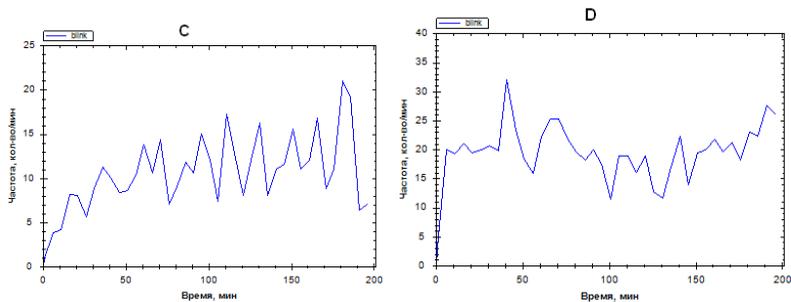


Рисунок 3 – Исследование зрительной активности при искусственном освещении

По результатам проведенных экспериментов среднее значение зрительной активности при нормальном состоянии пользователей варьировалось в пределах от 10 до 20 морганий в минуту. При последующей работе за компьютером это значение снизилось до 5–9 морганий в минуту. Изменения значений представлены в виде зигзагообразной линии. Это обусловлено тем, что при фокусировке взгляда на экране создается напряжение на глаза, вследствие чего организм пытается снизить возникшую нагрузку, и человек начинает чаще моргать. Согласно представленным графикам значительный размах значений наблюдается после первого часа проведения эксперимента. Кроме этого, значение активности превышает в несколько раз эталонное значение, установленное в начале эксперимента.

Таблица 1 – Изменение значений на временных интервалах

Интервалы	Количество морганий в минуту			
	А	В	С	Д
Нормальное состояние	10	8,5	8,5	19,5
до 50 минут	9–22	4–13	5–11	19–31
с 50 до 100 минут	8–16	4–10	8–15	16–25
С 100 до 150 минут	5–22	5–16	8–17	12–23
150 до 200 минут	10–23	6–16	7–21	19–28

Задачей следующего опыта было определить, как влияет применение гимнастики для глаз на зрительную активность. Результаты представлены на рисунке 4. Общее время эксперимента 240 минут.

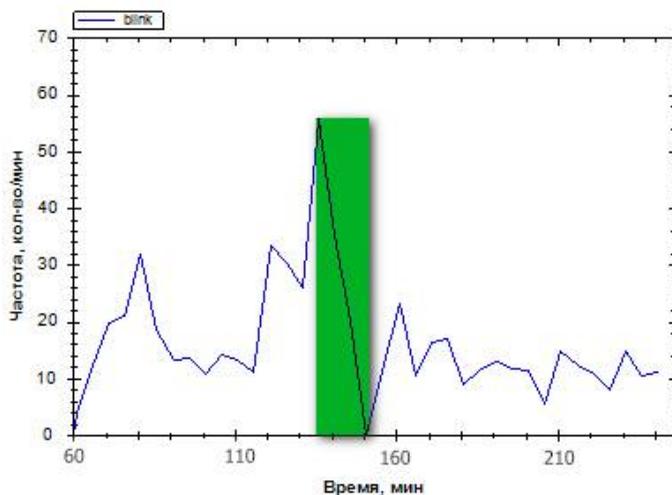


Рисунок 4 – Зрительная активность с использованием гимнастики для глаз

На графике представлены три основных временных промежутка. Первый интервал с 60 до 135 минут отображает показания усталости после первого часа работы за компьютером. Зеленой областью на графике обозначен промежуток выполнения зрительных упражнений. Они были выполнены согласно рекомендациям, описанным в исследованиях о цифровой усталости [4]. Третий временной интервал представляет изменение активности после выполнения упражнений. Время начала зарядки было выбрано исходя из показаний графика. Поскольку упражнения проводились вдали от компьютера, значение морганий на графике снизилось до 0. После выполнения упражнений на графике на протяжении следующего часа работы наблюдаются низкие показатели количества морганий и более ровный график, чем в первой его половине.

Таким образом, полученные экспериментальные данные позволяют заключить, что зрительная активность по мере усталости глаз увеличивается относительно среднего значения, индивидуального для каждого пользователя. Также своевременная гимнастика для глаз позволяет значительно снизить зрительное напряжение, тем самым снизив усталость глаз.

Литература. 1. Orchard, L. N. Blinks as an index of cognitive activity during reading / L. N. Orchard, J. A. Stern // *IntegrPhysiolBehav Sci.* – 1991; 26:108–16. 2. Doughty, M. J. Further analysis of human spontaneous eye blink rate by a cluster analysis-based approach to categorize individuals with normal versus frequent eye blink activity. *Eye Contact Lens* / M. J. Doughty, T. Naase. – 2006; 32:294-9. 3. Fukuda, K. Eye blink: New indices for the detection of deception / K. Fukuda // *IntJPsychophysiol.* – 2001; 40; 239-45. 4. Цифровая зрительная усталость // *Вестник оптометрии.* – 2016. – № 2. – 41 с.

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, 46. ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», доценту Зрюмову Павлу Александровичу, тел. (3852) 29-09-13. E-mail: pzrumov@yandex.ru.*

УДК 004.08

ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕРАЦИИ СЛОВСОЧЕТАНИЙ ДЛЯ ТЕКСТОВ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ

Р. З. АКСЁНОВ, Л. И. СУЧКОВА

На сегодняшний день количество текстовой информации, которое необходимо подвергать анализу, настолько велико, что становятся всё более актуальными системы автоматической обработки текстов. Однако в процессе обработки наиболее существенный интерес представляют алгоритмы семантической классификации и суммаризации, оперирующие с группами лексем, конкретизирующими смысловые особенности конструкций. Для тестирования и совершенствования данных алгоритмов требуется спроектировать и реализовать генератор словосочетаний.

Генератор на входе получает информацию о предметной области, структуре, данных, шаблоны, по которым будет выполняться генерация, а на выходе генератора – готовый контент. При правильном задании условий и параметров, корректной разработке генератора большая часть контента, требуемого алгоритмами семантического анализа, может быть автоматически сгенерирована.

Процесс генерации представляет собой создание случайных фраз, предложений, текстов, которые могут быть использованы в дальнейшем при анализе информации. Но чаще всего в результате генерации получаются тексты, которые корректны с точки зрения норм русского языка, но, к сожалению, часто лишены смысловой нагрузки. Именно на таких текстах эффективна отладка алгоритмов автоматизации анализа текстовой информации.

Целью работы является экспериментальное создание словосочетаний из текстов, которые можно использовать для дальнейшего синтаксического и семантического анализа.

При генерации словосочетаний невозможно со 100 % вероятностью утверждать, что получившиеся в результате словосочетания будут корректными. Именно поэтому необходимо разработать правила, по которым искусственный интеллект сможет обрабатывать большие объемы информации и при этом выдавать приемлемые для практического использования результаты.

Для генерации словосочетаний были выбраны следующие правила:

1. Словосочетания не могут быть более чем из трех слов (предлог, местоимение, частица и междометие считается за слово). Реализация этого правила позволяет исключить все наборы слов, количество которых больше трех.

2. В словосочетаниях не принимают участия союзы. Исключение союзов из текста в значительной мере не повлияет на синтаксический анализ.

3. В словосочетаниях из трех слов – междометие, предлог, частица местоимение, глагол или полное прилагательное могут быть только первым или вторым словом. Использование этого правила исключит словосочетания с неправильной структурой, например, мы не сможем придумать ни одного словосочетания, в котором предлог будет находиться на третьей позиции.

4. Словосочетания не могут быть с любым предлогом, если существительное или прилагательное находятся в именительном падеже. В противном случае словосочетание состоит из двух слов, среди которых нет предлогов, междометий и частиц.

5. Существительные и прилагательное в словосочетании должны быть в одном падеже и числе.

6. Окончания существительных и прилагательных должны соответствовать склонению и иметь соответствующие окончания.

7. Словосочетания не могут начинаться с прилагательного без предлога в любом падеже, кроме именительного.

Использование перечисленных правил генерации словосочетаний позволит при анализе семантики текста оперировать более объемными его фрагментами и эффективно автоматизировать процессы обработки текстов.

При генерации словосочетаний можно просчитать количество комбинаций из словосочетаний по три и по два слова, для этого воспользуемся формулой (1), где N – общее число комбинаций, n – количество слов в предложении (тексте):

$$N = A_n^2 + A_n^3 = \frac{n!}{(n-2)!} + \frac{n!}{(n-3)!}. \quad (1)$$

Пример генерации словосочетаний с использованием правил, описанных выше, для предложения «Развитие методов записи и хранения данных привело к бурному росту объемов собираемой и анализируемой информации»:

- развитие методов;
- развитие записи;
- развитие хранения;
- развитие информации;
- методов записи;
- методов хранения;
- методов информации;
- записи данных;
- записи объемов;
- записи информации;
- данных объемов;
- привело к росту;
- к бурному росту;
- к росту информации;
- к росту методов;
- к росту данных.

Анализ результатов генерации словосочетаний показал, что наблюдаются словосочетания, которые лишены смысла, но при этом с точки зрения правил русского языка написаны корректно, например, «развитие хранения», «развитие информации» и т. д.

Разработанный генератор использовался для разработки способов семантического анализа текстов на естественном языке.

Литература. 1. Загорулько, Ю. А. Система извлечения предметной терминологии из текста на основе лексико-синтаксических шаблонов / Ю. А. Загорулько, Е. А. Сидорова // Труды XIII Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах». – Самара, 2011. – С. 506–511. 2. Bigtable: A Distributed Storage System for Structured Data / Fay Chang [et al.] // Google Inc. – 2006. – 14 с. 3. Заболеева-Зотова, А. В. Латентный семантический анализ: новые решения в Internet / А. В. Заболеева-Зотова. – Москва : Информационные технологии, 2001. – 22 с.

Реквизиты для справок: Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», кафедра «Информатика, вычислительная техника и информационная безопасность», магистрант Аксёнов Р. З., тел. 8-929-322-7726. E-mail: Commendme@yandex.ru.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРОГРАММЫ АНАЛИЗА ПОТЕНЦИАЛА ПОКОЯ ЗЕРЕН ПШЕНИЦЫ

А. А. ПУПАЕВ, А. Г. ЗРЮМОВА

Успех и развитие агропромышленного комплекса, аграрного бизнеса непосредственно зависит от качества поставляемой продукции, отвечающей международным стандартам. Особенно этот вопрос актуален в регионах, где аграрное производство является приоритетным направлением развития. К таким регионам относится и Алтайский край.

Для обеспечения контроля качества всхожести зерна пшеницы применяется метод, основанный на исследовании и анализе её потенциала покоя. Данные, полученные при измерении потенциала покоя, имеют большой объем. Для достоверного анализа измеренных значений потенциала покоя необходимо проводить большое количество однотипных расчетов, которые следует автоматизировать.

Целью является разработка программного обеспечения для анализа экспериментальных данных при исследовании потенциала покоя зерен пшеницы, которое позволит повысить производительность и качество анализа всхожести зерна.

Для достижения поставленной цели были выделены следующие задачи:

- провести анализ исходных данных;
- выбрать математический аппарат для статистической обработки данных;
- разработать алгоритм программы в общем виде;
- сформировать блок-схему программы;
- выбрать среду разработки.

Измерение потенциала покоя при определении всхожести зерна осуществляется с помощью платы сбора данных LA50USB [1, 2]. В результате в файл записывается более 20000 измеренных значений. С таким объемом данных работать очень сложно.

Для проведения анализа исходных данных необходимо импортировать данные из файла формата .xls или .svg в программу. Импортируемая выборка будет содержать 9000 значений, что объясняется тем, что в среднем за 1 секунду анализа измеряется 300 значений. Такой объем выборки будет наиболее подходящим для анализа, так как будет соблюдено соотношение между избыточностью данных и их точностью. Далее следует провести фильтрацию данных, используя выбранный математический аппарат для обработки данных. Фильтрация бу-

дет осуществлена при помощи скользящего среднего. После того, как будет произведена фильтрация, необходимо осуществить сглаживание отфильтрованных значений физических величин потенциала покоя, взяв в качестве интервала сглаживания значение, равное 300 точкам измерения. Но стоит отметить, что пользователь программы будет иметь возможность самому выбрать интервалы сглаживания. При выборе интервала сглаживания в 300 точек измерения при выборке объемом в 9000 значений будет получено 30 точек после проведения сглаживания отфильтрованных значений. Полученные данные будут представлены на графике как зависимость каждой точки от потенциала покоя ϕ , выраженного в мВ. После обработки результатов формируется таблица, которая отражает значение каждой ϕ_1 (значение потенциала покоя) от типа почвы и зерна каждого измерения.

Разработаем алгоритм анализа измеренных данных. На первом этапе проведем фильтрацию данных с помощью скользящего среднего. Скользящее среднее является средним арифметическим от значений физической величины за определенный интервал, который называется интервалом сглаживания. Чем меньше данный интервал, тем меньше он сглаживает кривую и сильнее реагирует на тенденцию изменения. Чем больше этот интервал, тем он дольше реагирует на изменение тренда, и ложные колебания значений физической величины, таким образом, минимизируются [2].

Для расчета скользящего среднего будем использовать формулу [3]:

$$f_k = \frac{1}{h} \sum_{i=0}^k f_i,$$

где f_k – функция среднего скользящего; $h = k - 1$ – длина (интервал) сглаживания; k – математическое ожидание; f_i – значение случайной величины.

На втором этапе проведем сглаживание отфильтрованных значений физических величин потенциала покоя, взяв по умолчанию в качестве интервала сглаживания значение, равное 300 точкам измерения. В дальнейшем пользователь программы будет выбирать интервалы сглаживания сам.

На третьем этапе необходимо вывести на экран таблицу со значениями потенциала покоя в начальный момент времени ϕ_1 для разных состояний зерна (контрольная партия зерна, зерно высокой или низкой всхожести).

На четвертом этапе необходимо построить график зависимости ϕ_1 выборки от различных состояний зерна. Алгоритм работы про-

граммы анализа данных при контроле потенциала действия зерна пшеницы представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Блок-схема работы программы в общем виде

Программа анализа данных будет разработана на языке программирования C++. При выборе среды разработки нужно, прежде всего, руководствоваться её возможностями. Необходимо заранее определить, на каком языке программирования будет реализована будущая программа, т. к. некоторые среды разработки работают только с определенным языком программирования. Среда разработки должна соответствовать требованиям и задачам будущего программного продукта, иметь высокую эффективность и удобство при процессе разработки программы.

Для данного проекта в качестве среды разработки выбрана Microsoft Visual Studio [4]. Microsoft Visual Studio обладает большим функционалом и набором возможностей для разработчика. Также данная среда разработки имеет интуитивно понятный и дружелюбный интерфейс и стиль кодирования.

Таким образом, алгоритм программы анализа данных, представленный на рисунке 1, будет реализован в среде Microsoft Visual Studio.

Вывод. Проведен анализ исходных данных, для обработки выбрано 9000 значений. Выбран математический аппарат для статистической обработки данных. Разработан алгоритм программы и блок-схема программы, выбрана среда разработки программы.

Литература. 1. Мерченко, Н. Н. Разработка метода контроля всхожести зерен пшеницы по мембранному потенциалу / Н. Н. Мерченко, С. П. Пронин, А. Г. Зрюмова // Вестник Алтайского государст-

венного аграрного университета. – 2013. – № 10 (108). – С. 103–106.
2. Пронин, С. П. Исследование изменения потенциала действия зерна пшеницы / С. П. Пронин [и др.] // Ползуновский Альманах. – 2010. – № 2. – С. 204–206. 3. Румшицкий, Л. З. Математическая обработка результатов эксперимента / Л. З. Румшицкий. – Москва : Наука. ФИЗМАТЛИТ, 1971. – 192 с. 4. Абрамян, М. Э. Введение в стандартную библиотеку шаблонов C++. Описание, примеры использования, учебные задачи: учебник по курсу «Стандартная библиотека C++» для студентов направления 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии» (бакалавриат) / М. Э. Абрамян. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Изд-во Южного федерального университета, 2017. – 179 с. : ил. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9275-2374-0 ; То же [Электронный ресурс]. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=499454> (10.04.2019).

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», к. т. н., доцент Зрюмова Анастасия Геннадьевна, тел. (385-2) 29-09-13. E-mail: a.zrumova@mail.ru.*

УДК 591.044; 577.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСВЕЩЕННОСТИ НА ДЕТЕКТИРОВАНИЕ КЛЮЧЕВЫХ ТОЧЕК ИЗОБРАЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ВИЗУАЛЬНОЙ ОДОМЕТРИИ

О. О. ШУМАРИН, П. А. ЗРЮМОВ

На сегодняшний день широко применяется технология бесконтактного определения относительного изменения расстояния – визуальная одометрия. Она используется в робототехнике для поиска препятствий, помогает в построении объемных карт местности, а также является основой технологии дополненной реальности.

У таких систем существует несколько проблем, одной из которых является влияние внешних факторов на качество получаемых цифровых изображений, что приводит к ухудшению детектированию особых точек. Это влечет за собой повышение погрешности измерения, а в динамических системах увеличивает постоянно накапливающуюся ошибку.

Целью данной работы является исследование влияния уровня освещенности на детектирование и сопоставление особенностей между двумя изображениями.

В методе визуальной одометрии используется система из двух камер, закрепленных в одной плоскости на известном расстоянии друг от друга. Алгоритм поиска особенностей на изображении состоит из нескольких шагов. Вначале ожидается пара изображений. Далее необходимо избавиться от избыточной информации на изображении. Для этого информация о каждом пикселе сжимается до 8 бит, в результате получается черно-белое изображение, после чего применяется матричный фильтр Собеля для выделения границ объектов. После подготовки изображения выполняется поиск особых точек, выполняется построение дескриптора для каждой найденной особенности и выполняется их сопоставление между двумя изображениями.

Одним из эффективных детекторов является алгоритм FAST. В данном алгоритме используется круглое окно, состоящее из 16 пикселей. Оно располагается вокруг пикселя предполагаемого угла. Точку можно считать углом тогда, когда на окне существуют N смежных пикселей, яркость которых больше I_p+t или меньше I_p-t , где I_p – яркость предполагаемого угла, а t – пороговое значение яркости.

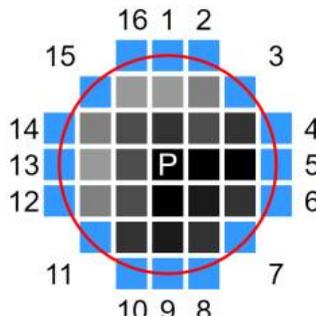


Рисунок 1 – Детектирование особенностей между двумя изображениями без и с применением эквализации, где яркость уменьшена на 65 %

Для проведения экспериментов была написана программа на языке Java с использованием библиотеки компьютерного зрения OpenCV.

При исследовании влияния яркости было сделано пять пар изображений для усреднения результата. В кадр попадал тест-объект, представляющий контрастный рисунок из геометрических фигур. Он необходим для обеспечения общей области между кадрами с высокой точностью детектирования.

В эксперименте применялась установка со следующими параметрами: расстояние базовой линии 13 см, фокусное расстояние объектива камеры 4 мм, а расстояние до тест-объекта 50 см.

Яркость изменялась программно по следующей формуле:

$$g(i, j) = \alpha \cdot f(i, j) + \beta, \quad (1)$$

где α – мультипликативная составляющая (контрастность); β – постоянная составляющая (яркость); $f(i, j)$ – значение яркости пикселя.

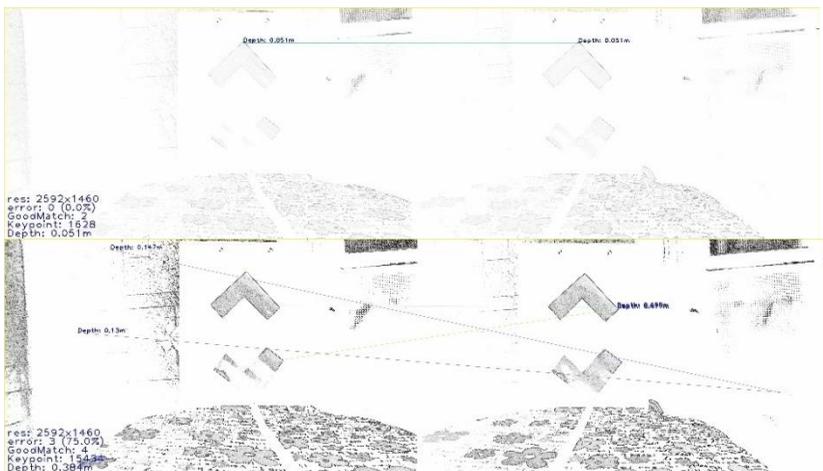


Рисунок 2 – Детектирование особенностей между двумя изображениями без и с применением эквализации, где яркость уменьшена на 65 %

Во всех трех вариантах обработки значение яркости составляло 1.0, а значение β изменялось и было равно 165, 89, 0, – 89 и – 165. Для стабилизации яркости применялся метод эквализации гистограммы яркости. Он выполняется перед применением матричного фильтра.

В ходе каждого эксперимента производился подсчет всех детектируемых точек, число сопоставленных точек и число ошибок. Ошибка – это сопоставленные особенности, не являющиеся общей точкой в пространстве.

Вывод. В ходе выполнения работы оценено влияние изменения яркости изображения на качество детектирования и сопоставления особых точек между двумя изображениями.

Изменение яркости как вверх, так и вниз приводит к ухудшению работы алгоритма. Пропорционально уменьшается количество детектируемых и сопоставляемых особенностей с ростом или уменьшением яркости.

Таблица 1 – Зависимость сопоставления ключевых точек от яркости изображения

Фильтр	Яркость, %	Всего точек	Сопоставленных точек	Ошибки	Ошибка, %
Собель	- 65	1597	3	0	0,00
	- 35	9083	93	1	0,25
	0	9821	102	1	0,77
	+ 35	7832	104	0	0,00
	+ 65	437	8	3	37,50
Собель + эквализация	- 65	15702	6	4	72,64
	- 35	28899	54	2	3,10
	0	23321	50	1	1,35
	+35	26387	48	1	1,02
	+65	7645	33	8	23,76

Для стабилизации яркости был применен метод эквализации гистограммы. Предполагалось, что выравнивание уровня яркости увеличит качество детектирования, но в результате такой обработки появляются артефакты (искажения, шум, помехи) приводящие к ошибочным сопоставлениям, хотя изображения становятся более контрастными по сравнению с исходными.

Литература. 1. D. Scaramuzza Real-Time Monocular Visual Odometry for On-Road Vehicles with 1-Point RANSAC / F. Fraundorfer, R. Siegwart // Robotics and Automation. – 2009. 2. Y.-C. Chou Mono Vision Particle Filter based Object Tracking with a Mobile Robot / B.-S. Huang // IEEE Xplore. – 2012. – P. 87–92. 3. R. Szeliski Computer Vision: Algorithms and Applications // London: Springer. – 2011. 4. D. G. Lowe Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints // International Journal of Computer Vision. – 2004.

Реквизиты для справок: Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», доценту Зрюмову Павлу Александровичу, тел. (3852) 29-09-13. E-mail: pzrumov@yandex.ru.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ВЫБОРА КОММЕРЧЕСКОЙ КЛИНИКИ ДЛЯ СЕРВИСА TalonDo

Е. А. СИДОРЕНКО, Л. И. СУЧКОВА

В настоящее время интернет-технологии и различные интернет-сервисы широко распространены во всех сферах человеческой деятельности. Сфера медицины не осталась в стороне. Помимо программных комплексов для постановки диагнозов, обработки и хранения результатов анализов, диагностики различных заболеваний, популярность набирают и сервисы онлайн-записи на прием к специалистам частных клиник.

Подобные сервисы помогают решить следующие задачи:

- существенно сократить рутинные операции по оформлению медицинской документации;
- повысить качество и информативность медицинских документов;
- существенно ослабить непрофильную нагрузку у медицинского персонала;
- оптимизировать временные затраты и трудозатраты пациента [1].

Каждый человек время от времени оказывается в ситуации, когда достижение некоторого результата может быть осуществлено не единственным способом. Необходимая пациенту медицинская услуга также может быть оказана во многих клиниках, разными специалистами и по ценам, отличным друг от друга. Учитывая данный факт, онлайн-сервис, целью которого является помощь клиенту в выборе медицинской услуги, должен содержать алгоритмы по нахождению оптимальных решений (вариантов услуг) для каждого конкретного пациента.

Однако в различных ситуациях для пациента наилучшими могут быть совершенно различные решения. Все зависит от выбранного или заданного критерия. Проблема оптимального выбора медицинской услуги является многокритериальной, т. к. варианты решения оцениваются при помощи частных критериев. Поскольку, как правило, каждый из критериев выделяет «свой» наилучший вариант, т. е. не бывает варианта, который одновременно является лучшим по каждому из критериев, то многокритериальные задачи принципиально сложнее однокритериальных и требуют для своего решения специальных методов и подходов. Выбор пациентом медицинского учреждения относится к классу многокритериальных задач.

Методы многокритериальной оптимизации более полно отражают задачи, ставящиеся перед реальными многосвязными системами. Многокритериальность объясняется тем, что при оценке действительно сложных ситуаций редко удается обойтись одним критерием. Перед лицом, принимающим решение, появляется проблема выбора наиболее подходящего метода многокритериальной оптимизации, и, как следствие, принятие допущений, условностей, границ теоретических аналогов реальных объектов [2].

В данной работе в качестве сервиса онлайн – записи на прием в частное медицинское учреждение был взят сервис TalonDo. Данный сервис разработан с использованием современных технологий. В качестве СУДБ используется PostgreSQL 10 – свободная объектно-реляционная система управления базами данных. При поиске объектов в TalonDo запросы пользователя используются для поиска совпадений в базе данных. Согласно статистике, в подавляющем большинстве случаев метод поиска по строковому совпадению не предоставляет пользователю полного перечня объектов, которые могут использоваться в качестве решения. В связи с этим предлагается использование методов решения задачи многокритериальной оптимизации параметров для поиска оптимальных вариантов записи к врачу.

Целью работы является разработка программного обеспечения для расчета параметров оптимизации при выборе услуг коммерческой клиники с использованием методов многокритериальной оптимизации, а так же анализ работы модуля.

В сервисе TalonDo используются следующие параметры для формирования поискового запроса пользователем: услуги, клиники и врачи. Набор критериев для поиска определяется набором данных, которые хранятся в базе данных.

Поиск предложений осуществляется по следующим критериям:

- клиника;
- пол врача;
- врач (ФИО);
- цена;
- применима ли данная услуга к детям.

Для реализации были выбраны следующие методы:

- метод аддитивной свертки;
- метод главного критерия.

Возьмем $W(x)$ – функция значимости в зависимости от количества критериев поиска и их коэффициентов (весов). Вектор $\Lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$ – вектор степеней относительной важности (приоритетов, весов) критериев. Тогда значение функции $W(x)$ вычисляем как:

$$W_{add}(x) = \sum_{j=1}^n \lambda_j f_j(x) \rightarrow \max, x \in X. \quad (1)$$

Аддитивная свертка. Данный тип свертки может использоваться, если лицо, принимающее решение (ЛПР), считает допустимым, что абсолютное уменьшение оценки по одному критерию может быть компенсировано суммарным абсолютным увеличением оценки по другим критериям [3]. Переменная f_i равна 1, если введенный пользователем запрос для j -ого критерия совпал со значением из базы данных, и 0, если совпадение не найдено. Таким образом, если $f_i = 0$, то все слабое не учитывается в подсчете суммы. Если $f_i = 1$, то вес для данного критерия, учитывается и сумма всего «варианта» увеличивается.

Самый оптимальный для пользователя вариант – это вариант, когда

$$W_{add}(x) \rightarrow \max, x \in X. \quad (2)$$

Метод главного критерия предполагает сведение задачи многокритериальной оптимизации к однокритериальной оптимизации. Для этого выбираем один из рассматриваемых критериев в качестве главного критерия, а остальные преобразовываются в ограничения [4].

Задачу оптимизации в этом случае можно сформулировать следующим образом. Вначале нужно задать главный критерий $f_1(x)$, при $i = 1, \dots, n$. После этого для остальных критериев вводится система контрольных показателей. Для каждого критерия нужно задать, что он не должен превышать или быть меньше, чем некоторое заданное величина t_i . После этого решается задача однокритериальной условной оптимизации, где $f_i(x)$ стремится к максимуму или минимуму, при условиях, что каждый частный критерий, кроме главного критерия, будет больше или равен, чем заданное контрольное значение:

$$\begin{cases} f_1(x) \rightarrow \max, x \in X, \\ f_i \geq t_i, \text{ при } i = 2, \dots, n \end{cases} \quad (3)$$

При этом все значения X должны принадлежать рассматриваемому допустимому множеству. Наиболее часто этот способ употребляется в инженерной практике.

К преимуществам метода главного критерия относятся простота интерпретации результатов, отсутствие высоких требований к математической подготовке экспертов, программному обеспечению и вычислительным средствам [5].

Параметры, которые будут использоваться в методе главного критерия в данной работе:

- цена услуги (в рублях);
- рейтинг врача, оказывающего конкретную услугу (от 1 до 5);
- рейтинг клиники (от 1 до 5).

Анализ применения методов, приведенный в данной работе, производится на тестовом стенде для услуги «Суточное мониторирование артериального давления».

Список предложений, по вышеуказанной услуге без применения фильтров, включает в себя восемь клиник в каждой из которых возможен прием трех врачей. Следовательно, список состоит из 24 предложений.

Применив фильтр учета методов, получим пустой список (рисунок 1). Это доказывает как факт, что применение метода поиска по полному совпадению, не всегда эффективен.

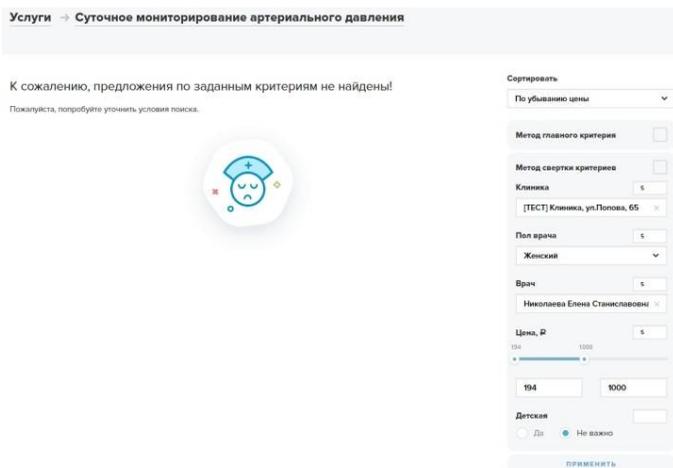


Рисунок 1 – Результат применения фильтра без использования методов решения ЗМКО

Применим только метод аддитивной свертки, задав в качестве входных данных веса для каждого критерия (рисунок 2). Значения параметров фильтра не были изменены, но, учитывая уровень значимости (вес) критериев для пользователя, метод выдал в качестве результата 2 предложения.

Метод главного критерия не использует в своей работе значения фильтра. Он учитывает только средние рейтинги врачей и услуг, а также цены услуг. Результат работы метода главного критерия представлен на рисунке 3.

Далее применим оба метода в следующем порядке: 1 – метод аддитивной свертки, 2 – метод главного критерия (рисунок 4).

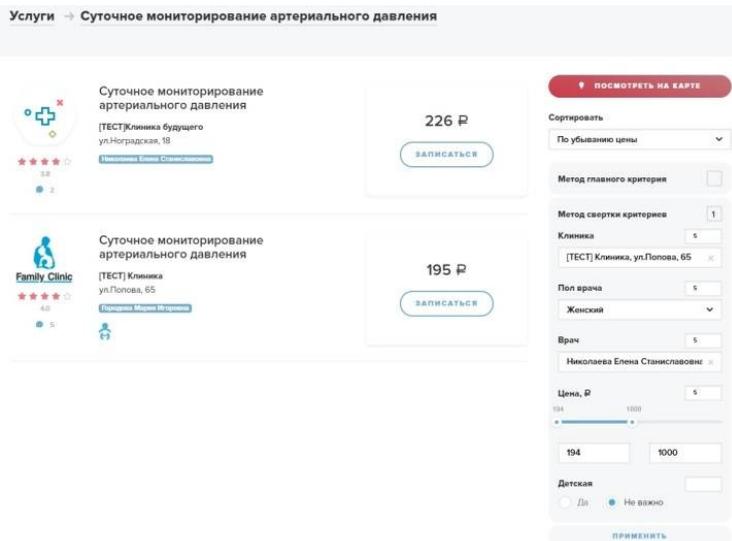


Рисунок 2 – Результат применения метода аддитивной свертки

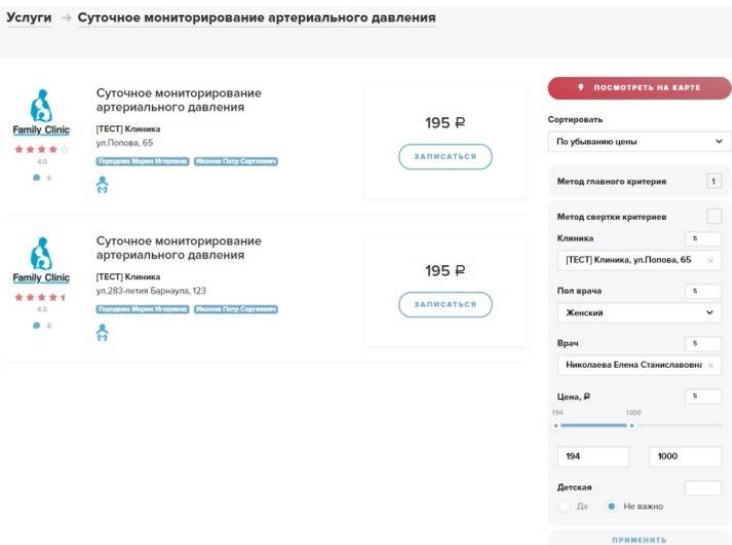


Рисунок 3 – Результат применения метода главного критерия

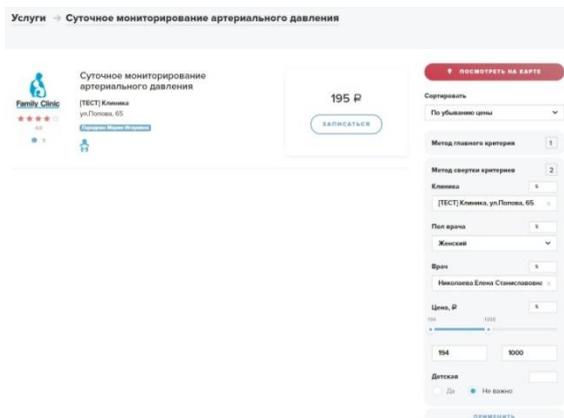


Рисунок 4 – Результат последовательного применения метода аддитивной свертки и метода главного критерия

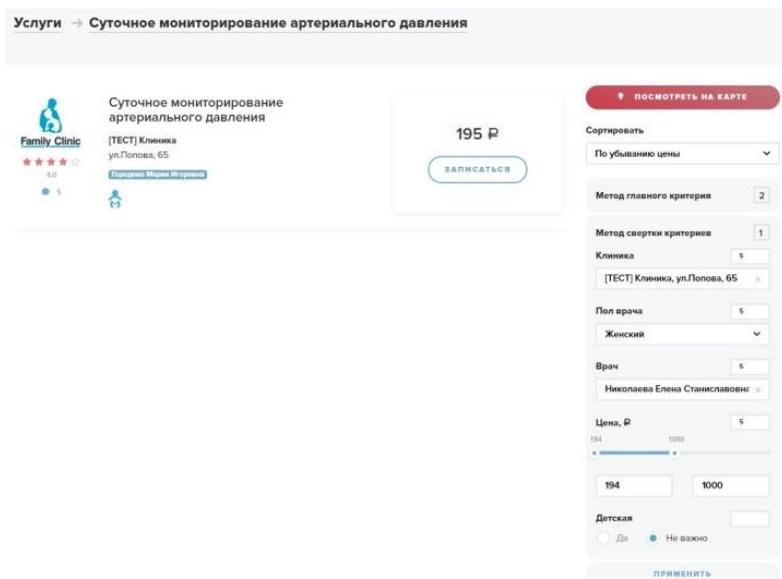


Рисунок 5 – Результат последовательного применения метода главного критерия и метода аддитивной свертки

Рассмотрим применение обоих изложенных методов, но в другом порядке (рисунок 5). Результат полностью совпал с результатом на рисунке 4. Но следует отметить, что нецелесообразно применять метод

главного критерия перед выполнением метода аддитивной свертки. Возможно, произойдет сокращение количества вариантов, которые будут являться входными параметрами для метода аддитивной свертки.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что разработанный модуль позволит предоставить ЛПР наиболее оптимальный вариант записи к врачу. Следует отметить, что использование методов решения задач многокритериальной оптимизации в TalonDo поможет сократить временные затраты пользователей сервиса. Более того, наличие данного функционала в системе является отличительной характеристикой сервиса относительно его аналогов.

Литература. 1. Деньга, А. В. Медицинская информационная система для автоматизации рабочего места врача / А. В. Деньга, В. В. Шлыков // Молодой ученый. – 2016. – № 13. – С. 108–110. **2.** Шешунова, Е. В. Многокритериальные системы оптимизации в агропромышленном комплексе / Е. В. Шешунова // Вестник МГУ. – 2017. – № 1. URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/mnogokriterialnye-sistemy-optimizatsii-v-agropromyshlennom-komplekse>. (Дата обращения: 30.03.2019). **3.** Розен, В. В. Математические модели принятия решений в экономике : учеб. пособие / В. В. Розен. – Москва : Книжный дом «Университет», Высшая школа, 2002. – С. 54–67. **4.** Корнеенко, В. П. Методы оптимизации / В. П. Корнеенко. – Москва : Высшая школа, 2007. – 664 с. **5.** Штойер, Р. Многокритериальная оптимизация / Р. Штойер : пер. с англ. – Москва : Радио и связь, 1992. – 504 с. – (Теория, вычисления и приложения).

Реквизиты для справок: *Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», магистранту Сидоренко Е. А., тел. (385-2) 29-07-86.*

УДК 004.822

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОРРЕКТИРОВКИ ПАЛИТРЫ ИЗОБРАЖЕНИЙ

С. А. ЛЮТЫЙ, А. Н. ТУШЕВ

В настоящее время, благодаря революции глубокого обучения, нейронные сети стали применяться в областях, которые еще недавно считались прерогативой исключительно человека [1].

В обработке графических изображений можно упомянуть интеллектуальную раскраску черно-белых изображений, или увеличение

изображения со сверхвысоким разрешением на основе глубокого обучения [2, 3].

Примеры такой интеллектуальной обработки изображений на основе глубокого обучения нейронных сетей приведены на рисунках 1–2.



Рисунок 1 – Раскраска черно-белого изображения



Рисунок 2 – Сверхвысокое разрешение

Целью работы является попытка решить проблему, когда, сфотографировав на смартфон сюжеты, интересные для конкретного человека, он остается недоволен качеством фотографии. Решением данной проблемы может оказаться нейронная сеть, обученная заранее на множестве изображений, предлагающая альтернативные фото с улучшенной палитрой.

Постановка задачи в данном случае определяет язык программирования. Так как предполагается использование методов в среде Android, то в работе выбран язык программирования Java.

Аналогичная, но более сложная работа была выполнена в [4], в которой после глубокого обучения пользователю даются рекомендации, какие и как использовать фильтры, чтобы при этом улучшилось эстетическое восприятие фотоизображения.

Результат применения обучения нейронной сети приведен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Результат применения обучения нейронной сети для улучшения эстетического восприятия изображения

Архитектура сети, как и язык программирования, также определяется задачей. Наиболее подходящей для обработки изображений является сверточная сеть. Архитектура типовой сверточной нейронной сети схематично представлена на рисунке 4.

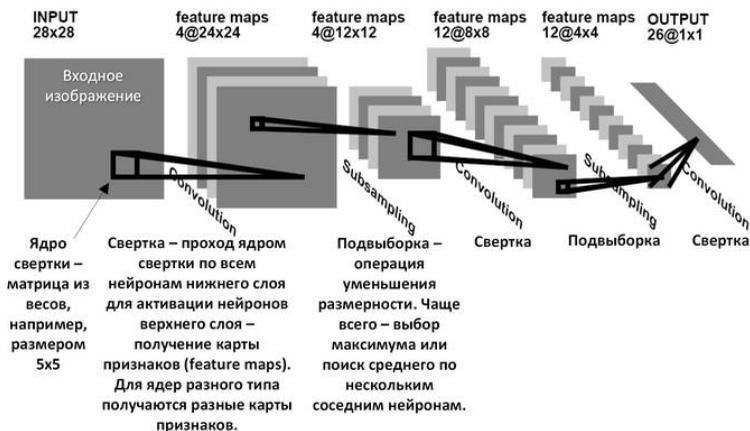


Рисунок 4 – Типовая Архитектура сверточной нейронной сети (CNN)

К преимуществам сверточных нейронных сетей можно отнести:

По сравнению с полносвязной нейронной сетью (типа перцептрона) – гораздо меньшее количество настраиваемых весов, так как одно ядро весов используется целиком для всего изображения, вместо

того, чтобы делать для каждого пикселя входного изображения свои персональные весовые коэффициенты. Это подталкивает нейросеть при обучении к обобщению демонстрируемой информации, а не по-пиксельному запоминанию каждой показанной картинке в мириадах весовых коэффициентов, как это делает перцептрон [1].

Удобное распараллеливание вычислений, а, следовательно, возможность реализации алгоритмов работы и обучения сети на графических процессорах [1].

Относительная устойчивость к повороту и сдвигу распознаваемого изображения.

Обучение при помощи классического метода обратного распространения ошибки [1].

Входное изображение разбивается на цветные фрагменты 8x8 пикселей, которые проходят через 2 слоя RGB сети, всего 6 слоев, затем выполняется свертка цветов и преобразование палитры. На рисунке 5 схематично изображена последовательность описанных выше процедур.

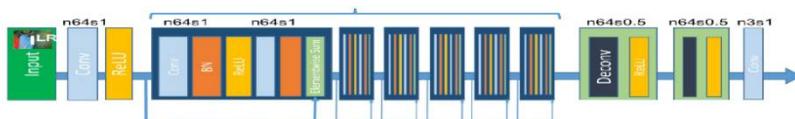


Рисунок 5 – Процедура обработки изображения нейронной сетью

Изображения для обучения генерируются со случайными цветами, а также берутся и реальные фотографии. После преобразования цветов пользователь выставляет оценку от -10 до 10 , которая корректирует веса сети во время обучения.

На рисунках 6–7 показаны преобразования палитры, получившие соответственно -8 и $+8$ баллов.



Рисунок 6 – Преобразование палитры с отрицательной оценкой



Рисунок 7 – Преобразование палитры с положительной оценкой

Таким образом, проделанная работа показывает перспективность направления обучения нейронных сетей для корректировки с помощью них цветных любительских фотографий.

Литература. 1. Николенко, С. Глубокое обучение / С. Николенко, А. Кадурын, Е. Архангельская. – Санкт-Петербург : Питер, 2018. – 480 с. 2. Cheng, Z. Deep colorization / Z. Cheng, Q. Yang, B. Sheng // Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision. – 2015. – P. 415–423. 3. H. A. Aly and E. Dubois. Image up-sampling using total variation regularization with a new observation model. IEEE Transactions on Image Processing. – 2005. – 14 (10) : 1647–1659. 4. Bakhshi, S. Why we filter our photos and how it impacts engagement / S. Bakhshi [et al.] // Ninth International AAAI Conference on Web and Social Media. – 2015.

Реквизиты для справок: Россия, 656006, Барнаул, ул. Балтийская, д. 4, кв. 66, студенту факультета информационных технологий, Лютому С. А., тел. моб. +7-983-542-28-94. E-mail: volk_kryt@mail.ru.

УДК 621.396.669.8

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ФАПЧ ДЛЯ МОДУЛЯТОРА DVB-T2

Д. В. УРЮПИН

При построении любой инфокоммуникационной системы необходимо обеспечить синхронизацию всей системы связи. Спутниковые системы GPS можно использовать для получения синхросигнала от высокостабильного генератора PPS (pulse per second). Для работы передатчиков стандарта DVB-T2 в одночастотной сети требуется их синхронизация. Для этого каждый передатчик оснащён приёмником GPS. Входной сигнал может иметь ошибку времени прихода фронтов (джиттер), и если эта ошибка будет больше одной микросекунды, то произойдёт рассогласование системы. Помимо этого, в любой момент времени может случиться выброс джиттера, отличающийся от обычно-

го в десятки раз. Таким образом, необходимо разработать систему, которая будет фильтровать входной джиттер и быстро захватывать входную частоту. Такая система может быть реализована с использованием контура фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ). Эта система уже реализована в передатчиках стандарта DVB-T2, но она не отвечает требованиям стабильности.

Целью работы будет являться расчёт петлевого фильтра, разработка алгоритма фильтрации больших выбросов входного джиттера и алгоритма детектирования захвата сигнала.

Структурная схема цифровой системы ФАПЧ (рисунок 1).

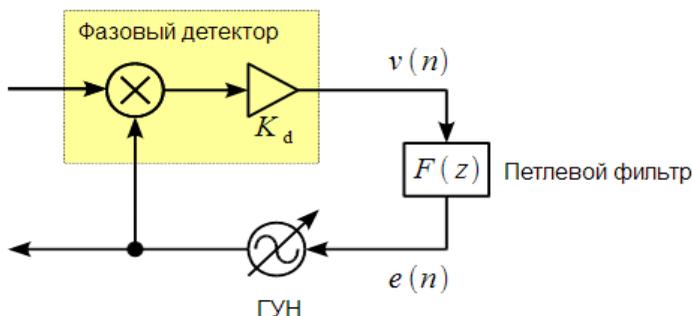


Рисунок 1 – Структурная схема цифровой системы ФАПЧ

Для расчёта цифрового петлевого фильтра необходимо выбрать аналоговый фильтр прототип [1] (рисунок 2).

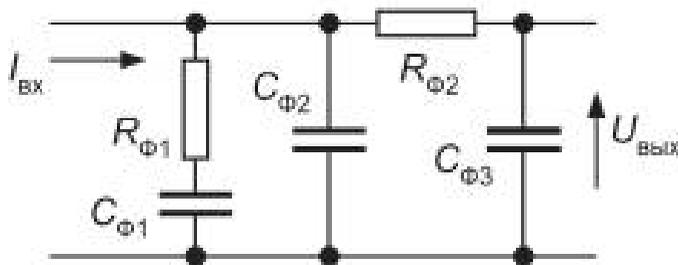


Рисунок 2 – Аналоговый петлевой фильтр прототип

Для расчёта параметров фильтра необходимо задаться начальными условиями: K_p – средняя крутизна характеристики ГУН, K_i – максимальный выходной ток ФАПЧ; Δf – полоса пропускания петли ФАПЧ.

Так как данная система стабилизирует только сигнала PPS, то максимальное число шагов перестройки $N = 1$. Также при расчёте присутствует коэффициент демпинг фактор ξ , который обычно принимают равный 0,707.

Передаточная функция этого фильтра будет равна:

$$K(p) = \frac{1 + \frac{1}{pT_1}}{1 + p(T_2 + T_3) + p^2T_2T_3} = \frac{pT_1 + 1}{p^3T_1T_2T_3 + p^2T_1(T_2 + T_3) + pT_1}$$

В данной формуле под T_1 , T_2 и T_3 понимаются постоянные времени фильтра. Для их расчёта необходимо рассчитать дополнительные параметры фильтра [2]:

$$f_n = \frac{2*\Delta f}{2\pi(\xi+0.25\xi)}; \quad C_{\phi 1} = \frac{K_p K_i}{N(2\pi f_n)^2}; \quad R_1 = \frac{\xi}{0.5\sqrt{\frac{C_1 K_p K_i}{N}}}; \quad C_{\phi 2} \leq \frac{C_{\phi 1}}{10}$$

Исходя из полученных величин, можно рассчитать постоянные цепи аналогового фильтра прототипа по следующим формулам:

$$T_1 = R_1 C_1; \quad T_2 = \frac{R_1 C_2}{1 + \frac{C_2}{C_1}}; \quad T_3 = \frac{T_1}{10}$$

После этого при помощи метода инвариантной импульсной характеристики [3] необходимо получить матрицы а и b петлевого цифрового фильтра. Это преобразование можно сделать при помощи пакета MATLAB. Данный фильтр является БИХ фильтром.

Для реализации механизма детектирования захвата ФАПЧ воспользуемся существующим методом, изложенном в [4]. Данный алгоритм необходим для того, чтобы переключать петлю ФАПЧ с «быстрой подстройки» на «медленную». Это эквивалентно включению между фильтром и фазовым детектором усилителя. В начальный момент времени, когда частота ГУН далека от частоты входного сигнала, необходимо как можно быстрее захватить её, увеличив усиление. После того, как захват ФАПЧ был обнаружен, необходимо перейти на «медленную подстройку», уменьшив коэффициент усиления. Это необходимо для того, чтобы минимизировать ошибку выходной частоты, которая зависит от джиттера входного сигнала. Суть метода детектирования захвата представлена на блок-схеме (рисунок 3).

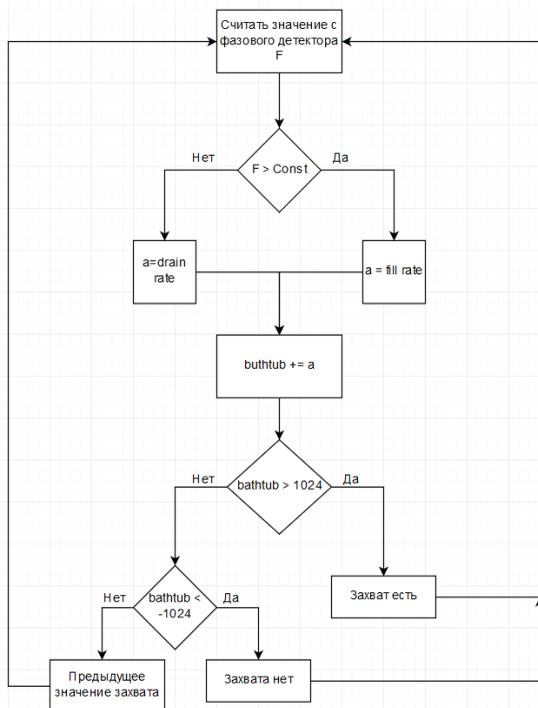


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма детектирования захвата

Const – пороговая константа, с которой сравнивается значение с фазового детектора, bathtub – величина ванны, которая вводит петлю гистерезиса в алгоритм, drain rate и fill rate – значения которые необходимо добавить либо отнять от bathtub. В начальный момент времени значение bathtub = 0, а ФАПЧ считается не захваченным.

Метод изменения коэффициента усиления петли позволяет быстро захватить входную частоту и хорошо фильтровать входной джиттер.

Проведено моделирование системы в Python 3.7, с моделью можно ознакомиться по [5]. Результаты моделирования приведены на рисунке 4, на котором виден момент выхода на входную частоту, переключение на меньший коэффициент усиления и работа системы в условиях большого входного джиттера.

Была разработана система ФАПЧ для модулятора DVB-T2, предназначен для формирования высокочастотного телевизионного сигнала в диапазонах III, IV, V производства ООО «НПП Триада-ТВ». Основной специализацией предприятия является производство оборудования для ТВ и радиовещания.

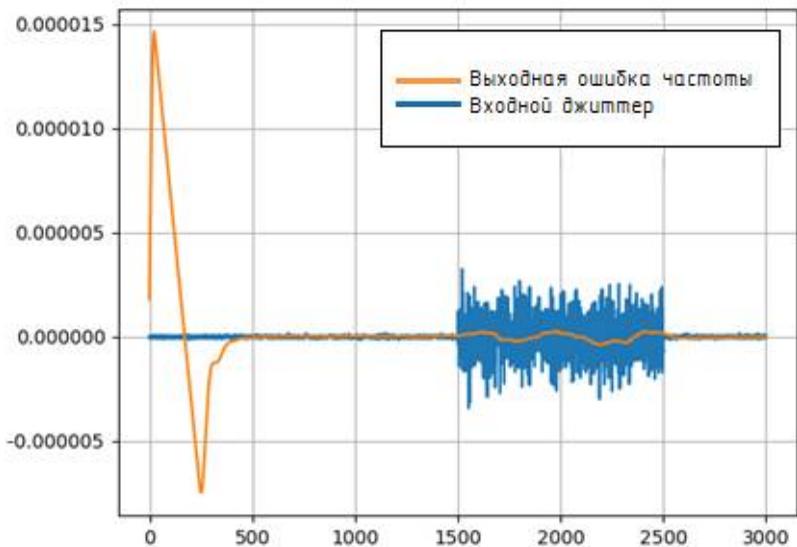


Рисунок 5 – Входное и выходное отклонение частоты ФАПЧ

Литература. 1. Голубин, В. Несколько слов о системе ФАПЧ: фазовая автоподстройка частоты [Текст] / В. Голубин // Компоненты и технологии. – 2003. – № 8. – С. 57–61. **2.** Fractional/Integer-N PLL Basics. [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.ti.com/lit/an/swra029/swra029.pdf>. (Дата обращения 01.05.2019). **3.** Гоноровский, И. С. Радиотехнические цепи и сигналы : учебник для вузов ; изд. 3-е, перераб. и доп. / И. С. Гоноровский // Советское радио. – Москва. – 1977 – 512 с. **4.** Behavior of the AD9548 Phase and Frequency Lock Detectors in the Presence of Random Jitter. [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/application-notes/AN-1061.pdf>. (Дата обращения 29.04.2019). **5.** pll [Электронный ресурс] / rkm81 URL : <https://github.com/rkm81/pll>. (Дата обращения 06.05.2019).

Реквизиты для справок: Россия, 630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, кандидат технических наук, доцент, Урюпин Д. В., тел. +79231906032. E-mail: uruypin@triatv.ru.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ДЛЯ СОПРОВОЖДЕНИЯ ПЕШЕХОДОВ С ПОМОЩЬЮ АНАЛИЗА ХАРАКТЕРНЫХ ТОЧЕК ИЗОБРАЖЕНИЯ

А. С. НАЗДРЮХИН, И. Н. ХРАМЦОВ

Анализ содержимого видеокadra, обнаружение объектов – важные задачи компьютерного зрения, имеющие широкое применение. В частности, отслеживание объектов на некоторой последовательности изображений используется во многих системах компьютерного зрения, как военных (беспилотные летательные аппараты), так и мирных (медицинские приборы, автомобили, видеокамера на мобильном телефоне). В данной работе рассмотрены и классифицированы различные методы, помогающие сопровождать объект на видеокadre, однако основное внимание уделяется разработке алгоритма, способного отслеживать перемещение пешеходов с помощью нахождения и обработки ключевых точек. Такой анализ является особенно сложным, поскольку точки могут иметь множество похожих точек на соседних видеокadre.

Методы сопровождения объекта. Трекер – алгоритм, с помощью которого осуществляется автоматизация сопровождения объекта на некотором видео [1]. Сам процесс отслеживания называется трекингом. Трекер должен осуществлять работу следующим образом:

1. Трекер получает из видеопотока кадр (фрейм) и местоположение определенного объекта на данном фрейме.
2. Трекер получает следующие кадры, на которых он указывает местоположение целевого объекта.

Все существующие методы подразделяются на группы [1, 2]:

1. Методы, использующие вероятностный подход. Данные методы анализируют некоторую последовательность кадров, на основе чего строится траектория движения и скорость объекта.
2. Методы, основанные на выделении некоторых характерных свойств объекта, таких как цвет, градиент, контур объекта и т. д.

Недостаток первой группы методов состоит в том, что при перекрытии целевого объекта другим объектом на видеокadre (например, отслеживаемый пешеход зашел за машину) область отслеживания «перескочит» с целевого объекта на загородивший его объект. Поскольку предполагается, что пешеходы перемещаются хаотично и часто закрывают друг друга, то прогнозирование траектории их движения даже при использовании гибридных подходов – является чрезвычайно сложной задачей. Поэтому выберем вторую группу методов.

Выделение характерных черт изображения в настоящее время осуществляется в соответствии с так называемой модульной парадигмой Марра [3]. Особый интерес вызывают алгоритмы сегментации и выделения геометрической структуры. Однако алгоритмы сегментации в чистом виде более подходят для анализа отдельных изображений с высоким разрешением, нежели чем для видеопотока. Алгоритмы выделения геометрической структуры менее чувствительны к качеству изображения, и, следовательно, более подходят для решения нашей задачи. Алгоритмы выделения геометрической структуры анализируют:

1. Контур объекта.
2. Цветовые свойства (распределения).
3. Характерные (особые) точки.

Метод, основанный на анализе контура, не подходит для отслеживания пешеходов, поскольку их контуры сильно похожи между собой и не являются статическими (пешеходы могут махать руками и поворачиваться). Поэтому было решено скомбинировать два последних метода: для извлечения и последующего сравнения цветовых свойств был выбран алгоритм HOG (англ. Histogram of Oriented Gradients) [4], который применялся к множеству особых точек, полученных с помощью алгоритма FAST (англ. Features from Accelerated Segment Test) [5].

Однако анализировать объект возможно только тогда, когда известно его расположение на видеокадре. Выделение объекта – отдельная задача, не входящая в тему данной статьи. Поэтому мы будем считать, что расположение целевого объекта на изображении заранее известно.

Описание свойств угловых точек и алгоритма FAST. Алгоритм нахождения особых точек должен определить локальные свойства изображения.

Особая точка должна соответствовать следующим требованиям:

1. Отличимость – особая точка должна явно выделяться на фоне и быть отличимой в своей окрестности;
2. Инвариантность – определение особой точки должно быть независимо к аффинным преобразованиям;
3. Стабильность – определение особой точки должно быть устойчиво к шумам и ошибкам;
4. Уникальность – особая точка должна обладать глобальной уникальностью для улучшения различимости;
5. Интерпретируемость – особые точки должны определяться так, чтобы их можно было использовать для анализа соответствий и выявления интерпретируемой информации из изображения.

Существует множество алгоритмов выделения особых точек, однако среди них был выбран детектор угловых точек FAST. Угловая точка – это характерная (особая) точка, которая формируется при соприкосновении или пересечении двух или нескольких линий.

В алгоритме FAST рассматривается окружность из 16 пикселей, отрисованная вокруг точки-кандидата p с интенсивностью L_0 (рисунок 1). Точка p является угловой, если на окружности существует не менее N пикселей, все из которых светлее $L_0 + t$ или темнее $L_0 - t$, где t – параметр алгоритма.

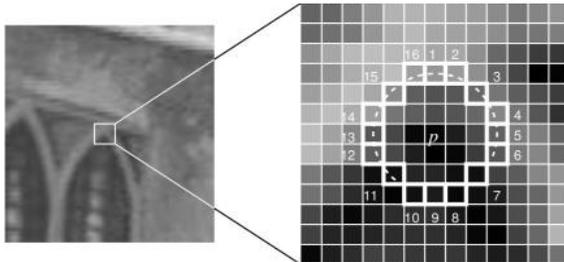


Рисунок 1 – Окружность с точкой-кандидатом p

Выделение угловых точек на изображении мотивировано свойствами инвариантности и локализации признаков. Однако точки сами по себе обладают чрезвычайно плохой уникальностью. Для повышения уникальности характерных черт изображения обычно анализируются некоторая окрестность точки.

Описание алгоритма HOG. HOG позволяет извлечь цветовые распределения изображения в специальный вектор – дескриптор функции. Алгоритм HOG основан на формировании гистограммы градиентов для изображения с разрешением 64×128 пикселей. Гистограмма для каждого цветового канала строится по алгоритму:

1. Вычисление градиентов по x и y для каждого пикселя путем свертки изображения с помощью оператора Собеля.
2. Вычисление модуля и аргумента полученных градиентов. Ограничим аргумент значениями от 0 до π .
3. Исходное изображение делится на ячейки размером 8×8 пикселей, для каждой ячейки формируется гистограмма из 9 ячеек; каждая ячейка соответствует значению аргумента. В ячейки заносятся и суммируются модули градиентов (рисунок 2).

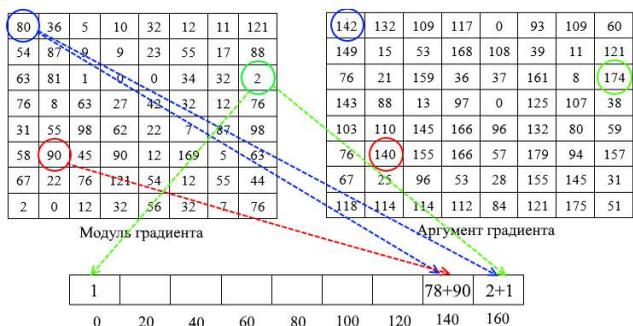


Рисунок 2 – Построение гистограммы для одного блока размером 8x8 пикселей

1. Значения градиентов зависят от интенсивности пикселей. Поэтому требуется нормализовать гистограмму, чтобы на нее не влияли вариации освещения. Нормализация идет по блокам размером 16x16 пикселей. Далее все нормализованные гистограммы объединяются с помощью прямой суммы.

Недосток алгоритма HOG заключается в том, что градиент хорошо показывает, где наблюдается резкое изменение интенсивностей (как правило, это контур объекта), но очень плохо учитывает цветовую информацию. Поэтому гораздо лучший результат можно будет достичь при использовании другого алгоритма для вычисления дескриптора.

Общее описание использованного алгоритма. В соответствии с целями, описанными в предыдущих пунктах, автоматизация сопровождения пешеходов на видеокadre будет проводиться по следующему алгоритму (рисунок 3).

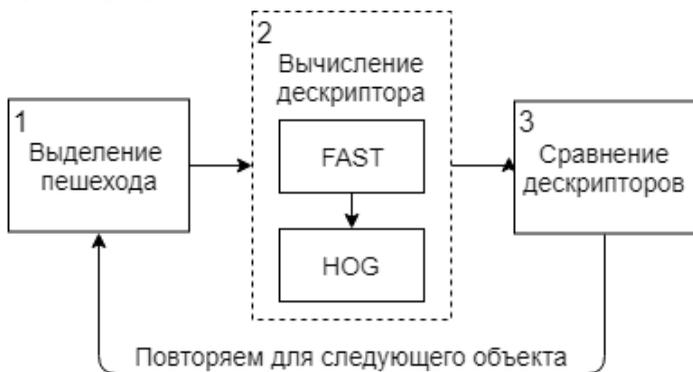


Рисунок 3 – Граф-схема алгоритма

Следует заметить, что дескриптор вычисляется для каждой области угловой точки; далее идет сравнение дескрипторов соответствующих областей (рисунок 4).

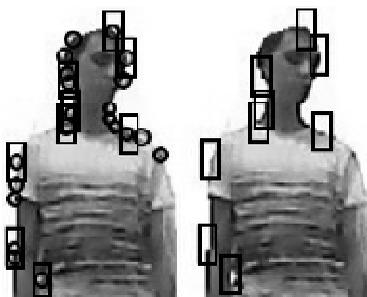
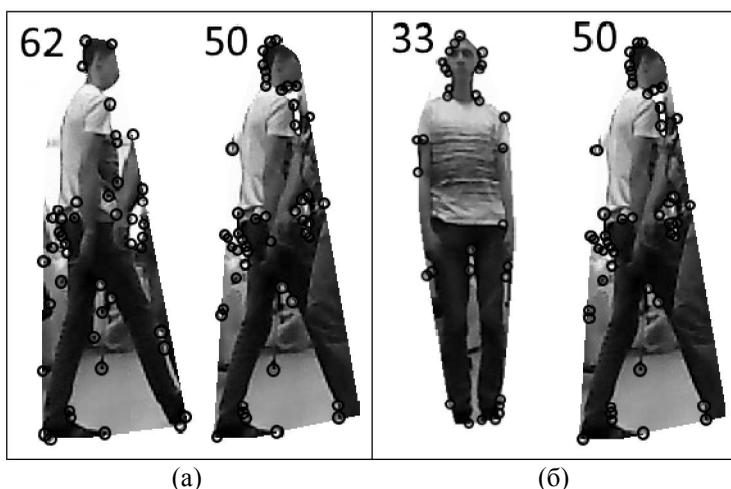


Рисунок 4 – Отображение некоторых областей, для которых вычисляется дескриптор

Результат работы алгоритма. Алгоритм был реализован на базе библиотеки компьютерного зрения OpenCV. Результаты показаны на рисунке 5 (окружностями отмечены угловые точки, цифрами – их количество).



(а) (б)
Рисунок 5 – Сравнение пешеходов:

- (а) – два соседних кадра (количество похожих точек: 31);
- (б) – два случайных кадра (количество похожих точек: 9)

Вывод. Разработанный алгоритм трекинга является достаточно эффективным, однако неустойчивым к резкому появлению новых уг-

ловых точек, а значит, корректный трекинг возможен только для пешеходов, которых видно в полный рост. Также видно, что алгоритм FAST находит угловые точки на контуре пешехода (рисунок 5), почти полностью игнорируя центральную часть. Возможно, алгоритм будет работать более эффективно, если учитывать цветовые характеристики при анализе изображения.

Литература. 1. Alper Yilmaz, Omar Javed and Mubarak Shah, Object Tracking: A Survey // ACM Journal of Computing Surveys. – Dec. 2006. 2. D. Trambadiya, C. Varnagar, A review on moving object detection and tracking methods // International Journal of Advance Engineering and Research Development (IJAERD). – 2015. 3. Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW и IMAQ Vision / Ю. В. Визильтер [и др.]. – Москва : ДМК Пресс, 2012. 4. Viola, P. Detecting pedestrians using patterns of motion and appearance / P. Viola, M. J. Jones, D. Snow // The 9th ICCV, Nice, France. – 2003.– V 1. – P. 734–741. 5. Rosten, E. Machine learning for high speed corner detection / E. Rosten, T. Drummond // 9th Euproean Conference on Computer Vision. – 2006. – V. 1. – P. 430–443.

Реквизиты для справок: Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», кафедра ИВТиИБ, Наздрюхин А. С. E-mail: niobeus@yandex.ru.

УДК 004.93

ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ ТОВАРНЫХ ЧЕКОВ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

А. С. НАЗДРЮХИН, И. Н. ХРАМЦОВ

Анализ товарных чеков или квитанций представляет большой интерес для рядового потребителя. В данной работе основное внимание уделяется разработке программы для обработки изображений товарных чеков, а также последующего выделения и распознавания текста с этих изображений.

Бумага для чеков низкого качества и имеет множество дефектов. Также предполагается, что основной источник изображений чеков – фотокамера смартфона. Данные условия накладывают множество ограничений на алгоритм, поскольку требуется обеспечить высокую точность и надежность распознавания.

Описание алгоритма. Алгоритм состоит из трех этапов (рисунок 1): обнаружение товарного чека на фотографии, коррекция изо-

бражения, распознавание символов (англ. Optical Character Recognition).

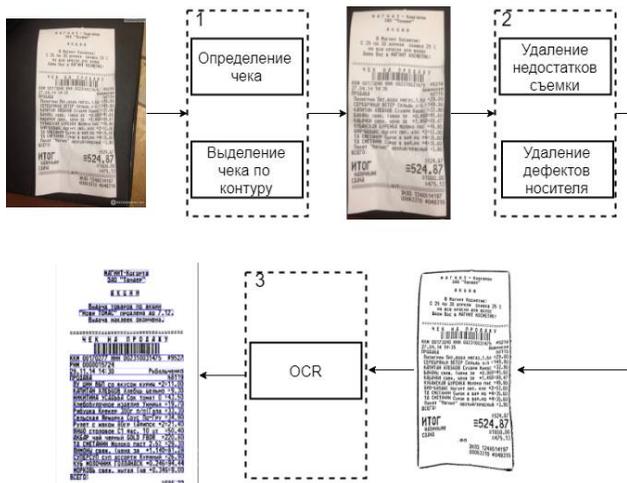


Рисунок 1 – Граф-схема алгоритма с этапами обработки изображения товарного чека

Обнаружение объекта. Для поиска чека на изображении используются методы бинарной морфологии [1], где изображение представляется множеством пикселей вида $(x, y) \in Z^2$. Опишем операции, необходимые для описания методов бинарной морфологии. Операция отражения изображения A обозначается \hat{A} и определяется как

$$\hat{A} = \{\omega | \omega = -a, a \in A\}.$$

Операция переноса на вектор трансляции $t = (t_x, t_y)$, соответственно,

$$A_t = \{\omega | \omega = a + t, a \in A\}.$$

Существуют четыре основные бинарные операции морфологии:

$$\text{расширение: } A \oplus B = \{t | (\hat{B})_t \cap A = \emptyset\},$$

$$\text{сужение: } A \ominus B = \{t | B_t \subseteq A\},$$

$$\text{открытие (размыкание): } A \boxminus B = (A \ominus B) \oplus B,$$

$$\text{закрытие (замыкание): } A \boxplus B = (A \oplus B) \ominus B.$$

При использовании методов математической морфологии для A множество B выбирается специальным образом, в зависимости от задачи. B называется структурным элементом (шаблоном).

Далее можно легко обозначить границы множества A и заполнение региона, очерченного границами, как

$$\beta(A) = A \setminus (A \ominus B) \text{ и } X_k = (X_{k-1} \oplus B) \cap A^c, \text{ где } k = 1, 2, 3 \dots$$

С учетом описанных выше определений и обозначений граф-схема алгоритма выделения чека из фотографии показана на рисунке 2.

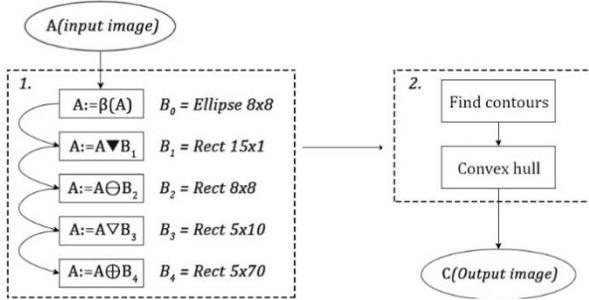


Рисунок 2 – Граф-схема алгоритма, где $B_k, k = 1 \dots 4$ – шаблоны, а *Ellipse* и *Rect* – типы шаблонов с размером $m \times n$ матрицы

Коррекция и обработка фотографии. Можно выделить два класса дефектов изображения: недостатки съемки и недостатки физического носителя информации. Для каждого класса был построен алгоритм повышения качества. На рисунке 4 показана граф-схема алгоритма.

Принцип шумоподавления состоит в том, что яркость пикселя заменяется на среднее значение яркостей похожих k пикселей. Основное отличие методов в способах поиска похожих пикселей. В данной работе использовался метод NL-средних [4].

Выравнивание освещения, регулирование баланса белого. Данный метод использует последовательно алгоритмы SSR [1].

$$f := \log f - \log (f * g),$$

где g – двумерный фильтр Гаусса.

И алгоритм Gray World [5] для трехканального изображения с интенсивностями $R, B, G \in [0, 255]$ для каждого пикселя (x, y) :

$$avg = \frac{R_{avg} + B_{avg} + G_{avg}}{3}; R := \frac{R * avg}{R_{avg}}; B := \frac{B * avg}{B_{avg}}; G := \frac{G * avg}{G_{avg}},$$

где $R_{avg}, B_{avg}, G_{avg}$ – средние значения интенсивностей каждого из каналов для f .



(а)

(б)

Рисунок 3 – Изображение (а) до и (б) после выравнивания

Гамма-коррекция [6] использует показанную ниже формулу, где P – нормализованная средняя яркость изображения, p – яркость пикселя.

$$\gamma = \frac{-0.3}{\lg P}; p := 255 \left(\frac{p}{255} \right)^\gamma$$

Коррекция яркости и контраста. A – матрица изображения. Тогда скорректированное изображение рассчитывается по формулам:

$$\alpha = \frac{255}{\max(A) - \min(A)}; \beta = -\frac{\min(A)}{\alpha}; A := \alpha A + \beta$$

Повышение резкости изображения f для более четкого выделения символов выполняется с помощью лапласиана гауссиана [1]. f – дискретная функция, приближенное вычисление производных для $\nabla^2 f$.

$$\frac{\delta f}{\delta x} \approx f(x+1, y) - f(x, y); \frac{\delta f}{\delta y} \approx f(x, y+1) - f(x, y) \quad (1)$$

Пусть g – гауссиан, e – единичный фильтр, a – коэффициент, тогда,

$$f + a(f - f * g) = f * ((1 + a)e - ag),$$

где по (1) $e - g \approx \nabla^2 g$.

Адаптивная пороговая бинаризация изображения зависит только от яркости в точке, рассматривает небольшое количество соседей вокруг пикселя и затем определяет оптимальный коэффициент для них.

Поворот и пространственная коррекция изображения [7]. Алгоритм осуществляет преобразование перспективы объекта с помощью матрицы M и четырех опорных точек (x_k, y_k) , $k = 1 \dots 4$ на изображении:

$$(x_k, y_k) \rightarrow \frac{1}{w}(x'_k, y'_k); (x'_k, y'_k, w)^T = M(x_k, y_k, 1)^T, \text{ где } w = \begin{cases} w', w' \neq 0 \\ \infty, \text{ иначе} \end{cases}$$

Размытие изображения. Пусть f в частотной форме \hat{f} . Тогда свертка $w = \hat{f} * g$, где g – гауссиан, является изображением с подавленными высокими частотами, что соответствует размытию f [1].

Восстановление символов. Восстановление символов [1] можно провести как $A \quad B$, где B – шаблон с небольшим размером матрицы.

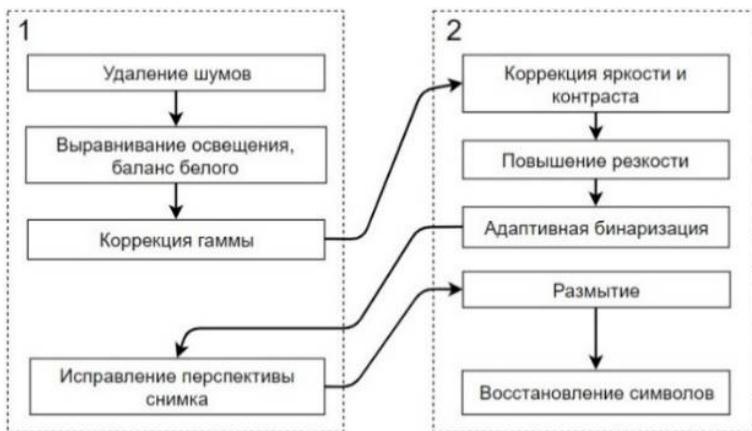


Рисунок 4 – Граф-схема алгоритма для коррекции изображения чека

Распознавание текста. Для получения информации из изображения товарного чека была использована библиотека OCR Tesseract [8], которая основана на нейронной сети LSTM с предварительной тренировкой. Также для повышения надежности рекомендуется извлекать информацию конкурирующими алгоритмами с объединенными результатами и дальнейшей обработкой с помощью инструментов семантического анализа.



Рисунок 5 – Результат распознавания текста

Литература. 1. R. Gonzalez, R. Woods. Digital Image Processing, 4th Edition. Pearson, 2018. 2. D. Bradley, G. Roth, Adaptive thresholding using the integral image // ACM J. Graph. Tools, 2007. 3. J. Sklansky, Finding the Convex Hull of a Simple Polygon // PRL, 1982. 4. V. Caselles, An Introduction to Total Variation for Image Analysis // HAL, 2009. 5. Li Bine, A Multi-Scale Adaptive Grey World Algorithm // IEICE, 2007. 6. P. Babakhani, P. Zarei, Automatic gamma correction based on average of brightness, 2015. 7. A. Rosebrock, Practical Python and OpenCV. PyImageSearch, 2016. 8. Tesseract Open Source OCR Engine // Репозиторий github. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://github.com/tesseract-ocr/tesseract>.

Реквизиты для справок: Россия, 656038, Барнаул, пр. Ленина, 46, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», кафедра ИВТиИБ, Наздрюхин А. С. E-mail: niobeus@yandex.ru.

СПИСОК АВТОРОВ

Аксёнов Р. З., магистрант, АлтГТУ
Актулиев А. М., магистрант, АлтГТУ
Алексеев А. В., магистрант, АлтГТУ
Ананьева Е. С., доцент, к.т.н., доцент, АлтГТУ
Андреева А. Ю., начальник отдела ЭОР, к.ф.-м.н., доцент, АлтГТУ
Астанин А. Е., магистрант, АлтГТУ
Афонин С. С., студент АлтГТУ
Барышева Н. Н., доцент, к.т.н, АлтГТУ
Беловолов И. Е., студент АлтГТУ
Бердалинов С. С., магистрант, ТПУ
Березиков Д. К., студент, АлтГТУ
Бессонов А. С., доцент, к.т.н., РГУ МИРЭА
Вавилова Г. В., к.т.н., доцент, ТПУ
Волков В. С., к.т.н., доцент, с.н.с., АО «НИИФИ»
Ганжа А. В., студент, КГМУ имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого МЗ РФ
Ганжа В. А., к.т.н., доцент, ФГАОУ ВПО СФУ
Глубоков А. В., доцент, к.т.н., ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»
Горенков Д. В., студент АлтГТУ
Горенков С. В., студент, АлтГТУ
Евдулов О. В., доцент, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО ДГТУ
Зрюмов П. А., доцент, к.т.н., доцент, АлтГТУ
Зрюмова А. Г., доцент, к.т.н., доцент, АлтГТУ
Ибрагимова А. М., соискатель, ФГБОУ ВО ДГТУ
Изаак А. В., студент, АлтГТУ
Исмаилов Т. А., ректор, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО ДГТУ
Калиничеснко О. В., магистрант, АлтГТУ
Кикот В. В., к.т.н., начальник центра 6, АО «НИИФИ»
Клюкина М. В., студентка, АлтГТУ
Козлов А. К., студент, АлтГТУ
Козлов Д. Ю., к.ф.-м.н., доцент, АлтГТУ
Колоколов И. Р., студент, АлтГТУ
Кононова Е. С., ст. преподаватель, АлтГТУ
Копылов А. А., студент, АлтГТУ
Котлубовская Т. В., доцент, к. т. н., доцент, АлтГТУ
Кривобоков Д. Е., доцент, к.т.н., доцент, АлтГТУ
Лютый С. А., студент, АлтГТУ
Магомедова С. Г., аспирант, ФГБОУ ВО ДГТУ
Магуперов А. Т., магистрант, ТПУ
Мелкомуков С. В., студент, АлтГТ

Мельников Е. М., магистрант, АлтГТУ
Мирошниченко И. П., заведующий кафедрой, к.т.н., доцент, ФГБОУ
ВО ДГТУ
Миспахов И. Ш., старший преподаватель, к.т.н., ФГБОУ ВО ДГТУ
Мишенина Е. С., магистрант, АлтГТУ
Набиев Н. А., аспирант, ФГБОУ ВО ДГТУ
Надвоцкая В. В., доцент, к.п.н., АлтГТУ
Наздрюхин А. С., студент, АлтГТУ
Нестеренко С. С., магистрант, АлтГТУ
Ни Д. Р., студент, НИ ТПУ
Николенко В. В., студент, АлтГТУ
Останин М. Ю., студент, АлтГТУ
Патрушев Е. М., к.т.н., доцент, АлтГТУ
Патрушева Т. В. старший преподаватель, АлтГТУ
Петрушенко М. И., студент, АлтГТУ
Пилецкий А. А., студент, АлтГТУ
Пирогова А. А., инженер-регулирующий цеха 52, АО «НИИФИ»
Попкова А. И., доцент, к.п.н., АлтГТУ
Примаченко О. Г., студент, НГТУ
Пронин С. П., зав. кафедрой, д.т.н., профессор, АлтГТУ
Пупаев А. А., студент, АлтГТУ
Рассохин А. Д., студент, АлтГТУ
Рубцов И. Н., студент, АлтГТУ
Сатышев А. С., старший преподаватель, ФГАОУ ВПО СФУ
Семина Ю. В., студент, АлтГТУ
Сидоренко Е. А., студент, АлтГТУ
Слепцов Н. С., студент, АлтГТУ
Соломатин К. В., к.ф.-м.н., доцент, АлтГТУ
Сучкова Л. И., д.т.н., профессор, АлтГТУ
Тушев А. Н., к.т.н., доцент, АлтГТУ
Уваров К. А., магистрант, АлтГТУ
Урюпин Д. В., студент, НГТУ
Утемесов Р. М., к.т.н., доцент, АлтГТУ
Ушаков Б. К., инженер отдела электронных образовательных ресурсов,
АлтГТУ
Филимонова А. Ю., учитель физики и информатики,
МБОУ «СОШ № 70»
Халин А. А., студент, АлтГТУ
Храмцов И. Н., студент, АлтГТУ
Чебурахин И. Н., главный технолог, АО «НИИФИ»
Чепуштанов А. А., доцент, к.т.н., доцент, АлтГТУ
Шарлаев Е. В., доцент, к.т.н., АлтГТУ

Шимко Е. А., доцент, к.п.н., доцент, АлтГУ

Шкирков А. Ю., магистрант, АлтГУ

Шумарин О. О., магистрант, АлтГУ

Яковлев Н. В., студент, АлтГУ

Якунин А. Г., зав. кафедрой, д.т.н., профессор, АлтГУ

Ястребова Т. С., аспирант, ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1 ОБЩИЕ ВОПРОСЫ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИЗМЕРЕНИЯ, КОНТРОЛЯ И АВТОМАТИЗАЦИИ

Примаченко О.Г., Урюпин Д.В. Разработка алгоритма оценивания критического тока сверхпроводящего контакта Джозефсона.....	3
Пирогова А.А., Чебурахин И.Н., Волков В.С., Кикот В.В. Снижение дополнительной погрешности измерения высокотемпературных пьезодатчиков динамического давления с использованием схемно-технических способов.....	7
Рубцов И.Н., Яковлев Н.В., Надвоцкая В.В. Определение функциональных модулей интеллектуальной инженерной системы.....	11
Бессонов А.С. Виртуальная модель квадратурных сигналов лазерного гироскопа.....	15
Шкирков А.Ю., Сучкова Л.И. Проектирование процесса принятия решений в экспертной системе с нечеткими правилами.....	19
Кривобокров Д.Е., Козлов А.К. Применение адаптивных вычислительных преобразований в приборах контроля.....	23
Нестеренко С.С., Якунин А.Г. Программная реализация преобразования гильберта для микроконтроллеров на базе ядра CORTEX-M.....	26
Мельников Е.М., Якунин А.Г. Исследование эффективности методов сжатия без потерь данных температурного мониторинга.....	33

РАЗДЕЛ 2 МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Ганжа В.А., Ганжа А.В., Сатышев А.С. Прибор и метод контроля прочности снега (зарубежный опыт).....	39
Мирошниченко И.П. О разработке оптического измерительного комплекса.....	43
Магуперов А.Т. Контроль геометрических и электромагнитных характеристик электропроводящих объектов вихретоковым методом.....	47

Бердалинов С., Вавилова Г.В. Контроль параметров электрического провода при его производстве.....	51
Горенков Д.В., Патрушев Е.М., Патрушева Т.В. Экспериментальное исследование макета прибора для измерения скорости движущихся объектов на основе генератора хаоса.....	56
Слепцов Н.С., Кононова Е.С., Пронин С.П. Исследование зависимости изменения контраста в изображении парных штрихов от объемной концентрации взвешенных частиц в различных спектральных диапазонах.....	61
Мишенина Е.С., Зрюмова А.Г., Зрюмов П.А., Ананьева Е.С. Методика анализа изображения композиционного материала для определения его характеристик средствами программного обеспечения.....	66

РАЗДЕЛ 3 ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ КОМПЛЕКСЫ

Исмаилов Т.А., Евдулов О.В., Ибрагимова А.М. Автоматизированная система для термостабилизации элементов радиоэлектронной аппаратуры.....	70
Глубоков А.В. Ястребова Т.С. Автоматизированная система выбора универсальных средств измерений линейных размеров... ..	74
Пронин С.П., Николенко В.В., Петрушенко М.И., Барышева Н.Н. Исследование помех, возникающих при измерении электрического напряжения информационно-измерительной системой на основе АЦП LA-50 USB.....	77
Березиков Д.К., Тушев А.Н. Применение методов искусственного интеллекта для оптимизации расписания занятий.....	82
Чепуштанов А.А., Астанин А.Е., Актулиев А.М. Создание системы инженерного анализа для расчета напряженно-деформированного состояния пластин на базе пре/постпроцессора gid.....	85
Изаак А.В., Зрюмова А.Г. Разработка автоматизированной системы оповещения об утечках в системе газоснабжения дома.....	89
Семина Ю.В., Надвоцкая В.В. Анализ аппаратного обеспечения информационно-измерительной системы контроля поддержания пластового давления.....	94
Пилецкий А.А., Зрюмова А.Г., Зрюмов П.А. Разработка информационной системы для осуществления эвакуации людей с помощью bluetooth-маячков».....	98

Мелкомуков С.В., Тушев А.Н. Возможность для изучения студентами различных механизмов принятия решения в экспертных системах.....	101
Котлубовская Т.В., Ключкина М.В. Разработка автоматизированной системы контроля качества ферроалюминиевых брикетов в процессе производства.....	105
Афонин С.С., Тушев А.Н. Разработка математической модели оценки техногенных рисков системы «человек – электроустановка – среда» на основе методов глубокого обучения.....	108
Котлубовская Т.В., Горенков С.В. Разработка проекта автоматизированной системы контроля качества тротуарной плитки в процессе производства.....	111
Котлубовская Т.В., Останин М.Ю. Разработка автоматизированной системы контроля параметров микроклимата производственного помещения.....	115

РАЗДЕЛ 4 ИЗМЕРЕНИЕ, КОНТРОЛЬ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАТИЗАЦИЯ В МЕДИЦИНЕ, ЭКОЛОГИИ И ОБРАЗОВАНИИ

Шимко Е.А., Утемесов Р.М., Соломатин К.В., Филимонова А.Ю. Самореализация обучающихся в виртуальной образовательной среде на основе LMS MOODLE».....	119
Евдулов О.В., Миспахов И.Ш., Магомедова С.Г., Набиев Н.А. Натурные испытания термоэлектрического устройства для внутриволокнистой гипотермии.....	124
Алексеев А.В., Сучкова Л.И. Проектирование и программная реализация адаптивной системы контроля режимов тренировок клиентов тренажерного зала.....	128
Колоколов И. Р., Тушев А. Н. Разработка учебного комплекса для изучения принципов работы компьютера при выполнении программ на языке низкого уровня с использованием черепашной графики.....	134
Шимко Е.А., Утемесов Р.М., Козлов Д.Ю. Возможности цифровой лаборатории Vernier при выполнении работ физпрактикума.....	137
Попкова А.И. Мотивационное программно-целевое управление процессом внедрения информационных технологий в медицине.....	142
Андреева А.Ю., Ушаков Б.К. Автоматизация оценки валидности тестов в электронных курсах с использованием методов обработки естественного языка.....	146

Беловолов И.Е., Тушев А.Н. Разработка программного тренажёра на ОС Андроид для подготовки к ЕГЭ по русскому языку.....	150
Рассохин А.Д., Шарлаев Е.В. Система обучения практической безопасности на основе соревновательного подхода.....	155
Копылов А.А., Тушев А.Н. Разработка программного обеспечения для проверки правильности работы студенческих программ по курсу «Методы принятий решений» направления «Информационная безопасность».....	159
Уваров К.А., Якунин А.Г. Разработка программно-аппаратного комплекса для мониторинга высоты нижней границы облачного покрова.....	161
Уваров К.А., Якунин А.Г. Определение скорости движения облаков через дескрипторы опорных точек.....	166

РАЗДЕЛ 5 ЭЛЕМЕНТЫ, УСТРОЙСТВА И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ, КОНТРОЛЯ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ

Ни Д.Р. Исследование зажимных приспособлений при воздействии вибрационных нагрузок.....	170
Халин А.А., Зрюмова А.Г., Зрюмов П.А. Анализ возможностей bluetooth low energy датчиков для проектирования систем контроля местоположения человека.....	172
Аксёнов Р.З., Сучкова Л.И. Семантический граф как способ хранения резюмирующей информации о смысловой нагрузке в тексте.....	177
Калиниченко О.В., Зрюмов П.А. Исследование зрительной активности пользователя персонального компьютера.....	180
Аксёнов Р.З., Сучкова Л.И. Особенности генерации словосочетаний для текстов на естественном языке.....	184
Пушаев А.А., Зрюмова А.Г. Разработка алгоритма программы анализа потенциала покоя зерен пшеницы.....	187
Шумарин О.О., Зрюмов П.А. Исследование влияния освещенности на детектирование ключевых точек изображения с помощью метода визуальной одометрии.....	190
Сидоренко Е.А., Сучкова Л.И. Применение методов многокритериальной оптимизации при решении задачи выбора коммерческой клиники для сервиса TalonDo.....	194
Лютый С.А., Тушев А.Н. Использование методов обучения нейронных сетей для автоматической корректировки палитры изображений.....	200

Урюпин Д.В. Разработка системы фапч для модулятора DVB-T2.....	204
Назрюхин А.С., Храмцов И.Н. Разработка алгоритма для сопровождения пешеходов с помощью анализа характерных точек изображения.....	209
Назрюхин А.С., Храмцов И.Н. Обработка изображений товарных чеков для выделения и распознавания текстовой информации.....	214

Contents & Annotations

1. General questions of analysis and design of software and hardware to solve problems of measurement, control and automation

- Primachenko O.G., Uryupin D.V. **Development of an algorithm for estimating the critical current of a Josephson superconducting contact.** * An algorithm is proposed for estimating the critical current of a superconducting Josephson contact, with a harmonic effect, which allows obtaining results more efficiently and faster than the existing similar solutions. The evaluation was synthesized using statistical methods. Statistical modeling was carried out, systematic error of estimation was obtained. 3–7
- Pirogova A.A., Cheburahin I.N., Volkov V.S., Kikot V.V. **Decrease of high-temperature dynamic pressure sensors additional measurement error by using circuit-technical methods.*** When developing designs of high-temperature piezoelectric transducers of dynamic pressure, piezoelectric sensors with piezoceramic elements with a confirmed service life of up to 25 years or more are required when creating rocket and space technology facilities. As a result of the research work, the possibility of replacing the material of the piezoelectric elements from the langatate with the modified piezoceramic material TNV-1 was confirmed. 7–10
- Rubtsov I., Yakovlev N., Nadvotskaya V. **The definition of functional modules of the intelligent engineering systems.** * The paper presents a block diagram of the functional modules of the intelligent residential system, which includes the control of light and electrical loads, climate control, security and management. The work of each module, their location in the living room and the feedback of the system and the user in several variants are described. 11–14
- Bessonov A.S. **The virtual model of laser gyro quadrature signals.*** The virtual model of quadrature signals is intended for model-based design of systems for measuring and controlling laser gyros parameters. A mathematical description of the model is given. The implementation features of the virtual model in the LabVIEW environment are discussed. It is indicated that this model was used in testing and design data processing algorithms to determine the laser gyros lock-in threshold. 15–18
- Shkirkov A.Yu., Suchkova L.I. **Designing the expression-making process in the expert system with fuzzy rules.** * In this paper, a decision-making process developed in the expert system with fuzzy rules, based on a custom cut-off algorithm for fuzzy inference. 19–22
- Krivobokov D.E., Kozlov A.K. **Application of adaptive compu-** 23–26

tational transformations in control devices. * The article is devoted to the study of the use of adaptive computing transformations in control devices. Describes the methods of application, training and control of the neural network in the work on the adjustment of the coefficients of the conversion function of the measuring signals in real time based on experimental data.

Nesterenko S.S., Yakunin A.G. **Software implementation of the Hilbert transform for microcontrollers based on the CORTEX-M core.** 26–32

* The algorithm of the discrete Hilbert transform, based on the application of the direct and inverse fast Fourier transforms, is described. Its implementation for the STM32F407ZGT microcontroller using functions from the CMSIS-DSP library is given. The algorithm was used to determine the propagation time of an acoustic signal in an ultrasonic anemometer. It is shown that the conversion time of a signal containing 1024 samples does not exceed 1.5 ms, which allows performing data processing online.

Melnikov E.M., Yakunin A.G. **Study of the effectiveness of lossless data compression methods.** 33–38

* The results of an experimental comparison of the degree of compression of two original algorithms with known methods of compressing information in relation to the data of monitoring the temperature in the room and on the streets are presented. The time series were analyzed in stationary conditions and under conditions of the presence of perturbations leading to abrupt changes in the temperature regime. It is shown that the algorithm focused on data compression, presented in symbolic form, is inferior to the known methods, and the algorithm compressing binary data gives better results.

2. Methods and means of measurement

Ganzha V.A., Ganzha A.V., Satyshev A. S. **The device and method control the strength of snow (foreign experience).** 39–42

* The article presents the main results of the analysis of the experience of foreign scientists in the development of methods and instruments for monitoring the strength of snow. The purpose of this analysis is the determination of significant technical and methodological solutions in this area, with the possibility of subsequent consideration of the results obtained when developing new devices for field strength monitoring of compacted snow cover of roads and airfields.

Miroshnichenko I.P. **About development of the optical measuring complex.** 43–47

* A new optical measuring system and specialized software have been developed to solve measurement problems in

the study of physical and mechanical properties of new materials and in the process of diagnostics of their condition by acoustic active methods of non-destructive testing. The use of the proposed complex allows to increase the informativeness, reliability and quality of the measurement results.

Magupеров A.T. **Control of the geometric and electromagnetic characteristics of electrically conductive objects by the eddy current method.** * In this work was used a measurement setup to determine the mutual orientation of two objects. Measuring equipment contains eddy current sensor with a harmonic stationary field. The hodograph of the applied voltage was constructed by using eddy currents. The orientation of the test object is analyzed on the basis of the hodograph. 47–51

Berdalinov S.S., Vavilova G.V. **Test of electrical wire parameters during its production.** * This report describes the technology of production of wires, methods and means of quality control of wires in the production line. The principle of operation of devices of control and measurement the geometrical and electric parameters of wires is described. The results of the experiments are presented. 51–55

Gorenkov D.V., Patrushev E.M., Patrusheva T.V. **Experimental study of the device model for measuring the speed of moving objects based on chaotic oscillator.** * The work experimentally confirmed the possibility of using a chaotic oscillator as a detector of weak signals in Doppler devices for speed measuring. This method of speed measurement allows expanding the scope of Doppler sensors application for stable operation in the conditions of non-stationary interference. 56–60

Sleptsov N.S., Kononova E.S., Pronin S.P. **A research of dependence of change of contrast in the image of pair strokes on volume concentration of the weighed particles in various spectral ranges.** * Changes of contrast in the image of pair strokes with an active source of radiation depending on volume concentration of the weighed particles in atmospheric air are investigated. It is established that the dependence has exponential character. The received result will be coordinated with the fundamental law of Lambert-Bugera-Bør. Approximation of experimental data is executed. The highest coefficient of determination is received when using the neutral filter. 61–65

Mishenina E.S., Zryumova A.G., Zryumov P.A., Ananyeva E.S. **A technique of the analysis of the image of composite material for definition of its characteristics means of the software.** * The 66–69

article is devoted to the development of methods for software analysis of the image of a composite material.

3. Information systems, the measuring and operating complexes

Ismailov T.A., Yevdulov O.V., Ibragimova A.M. **Automated system for thermal stabilization of electronic equipment elements.** 70–74

* The paper considers the possibility of thermal stabilization of radio electronic systems using thermoelectric converters. The design of the device intended for these purposes is described, which provides for the joint use of semiconductor thermoelectric converters with different heights of branches and melting working substances. The dependence of the duration of stable operation of the element REA, the temperature mode of which is provided by the developed system, on the heat flux density for various working substances. Proved the effectiveness of the device in practice.

Glubokov A.V., Yastrebova T.S. **Automated system of the selection of universal measuring instrument of linear dimensions.** * 74–77

The list of measuring instruments of methodical instructions for choosing measuring instruments of linear dimensions has been updated. An automated system for the selection of measuring instruments has been created that is able to select measuring instruments on the basis of an approved method and an author's method.

Pronin S.P., Nikolenko V.V., Petrushenko M.I., Barysheva N.N. **The study of interference arising from the measurement of electrical voltage information-measuring system based on the ADC LA 50-USB.** * 77–82

The article analyzes the noise arising in the information-measuring system based on the ADC LA-50 USB when measuring electrical voltage from a battery and a biological object - wheat grain. When measuring the voltage from the wheat grain, a harmonic disturbance occurs with a period of 6 readings. To reduce the noise, a sliding averaging method with a window multiple to the harmonic period was applied. As a result of filtering the fixed signal, the MSE of the voltage decreased by 33 times.

Berezikov D.K., Tushev A.N. **The use of artificial intelligence methods to optimize class schedules.** * 82–85

* The article describes the use of genetic algorithms for finding the optimal solution in the task of optimizing the class schedule.

Chepushtanov A.A., Astanin, A.E., A.M. Anjulie. **Creation of an engineering analysis system for calculating the stress-strain state of plates on the basis of pre/postprocessor gid.** * 85–89

* The analysis of the need to create a CAE-system that would perform a set

range of narrowly defined tasks, in this case – the calculation of stress-strain state (SSS) multilayer anisotropic plates.

Izaak A.V., Zryumova A.G. **Development of the automated warning system about leaks in the system of gas supply of the house.** * The article is devoted to the development of an automated warning system for gas leaks in the room, considers the development of a block diagram of the system and a mobile application to alert the user. 89–93

Semina J., Nadvotskaya V. **Analysis of the hardware of the information-measuring system for monitoring reservoir pressure maintenance.** * The work defines the hardware of the injection well to maintain reservoir pressure. Following the rules of structural coordination of the elements of the information-measuring system made it possible to determine the most appropriate technical equipment and compatibility of the working frequency of the communication channel of the working equipment. The project of information-measuring network is universally applicable for an oil producing enterprise, including in difficult weather and geographical conditions. 94–98

Piletsky A.A., Zryumova A.G. **Development of an information system for implementation of evacuation of people with the help of bluetooth indicators.** * Article is devoted to development of an information system for providing an evacuation of people from trade tsentorv, educational and other institutions by means of technology Bluetooth Low Energy. 98–101

Melkomukov S.V., Tushev A.N. **The opportunity for students to study various decision-making mechanisms in expert systems.** * This article describes a set of software for teaching students in the courses on artificial intelligence in the undergraduate degree in computer science and computing technology and the magistracy in computer science and computing technology and software engineering. It can also be used for self-education on artificial intelligence and its own research on expert systems. 101–105

Kotlubovskaya T.V., Klukina M.V. **Development of the automated quality control system briquettes from ferroaluminium in the production process.** * The article is devoted to the development of the automated control system of quality control of briquettes from ferroaluminium in the course of production. Proposed the functional scheme of the control system and algorithm adjustment component composition briquettes from ferroaluminium. Presented the results of experimental studies. 105–108

Afonin S.S., Tushev A.N. **Development of mathematical risk assessment model for «human – electrical installation – environment» system using deep learning methods.** * This article describes the software for the assessment of man-triggered risks in «human – electrical installation – environment» system using deep learning methods. The article also describes input and output of the neural network, its structure and optimal parameters. 108–111

Kotlubovskaya T.V., Gorenkov S.V. **Development of the project of the automated quality control system of paving slabs in the production process.** * The article is devoted to the development of the project of automated quality control system of paving slabs in the production process. The functional scheme and algorithm of the system are proposed. 111–115

Kotlubovskaya T.V., Ostanin M.Y. **Development of the automated system for controlling the parameters of microclimate of industrial premises.** * The article is devoted to the development of the automated system for controlling the parameters of microclimate of industrial premises. Proposed the functional scheme and the algorithm of the control system. Presented the result of the work system. 115–118

4. Measurement, control, automation and informatization in medicine, ecology and education

Shimko E.A., Utemesov R.M., Solomatin K.V., Filimonova A.Yu. **Self-realization of students in a virtual educational environment based on LMS MOODLE.** * The article discusses the evolution of educational technologies, which has now led to the emergence of two types of competing teaching aids. Criteria are listed, according to which the best among open platforms is the Moodle system. Using the example of the electronic course «Experimental Physics», the possibilities of LMS MOODLE for self-learning of students are shown. Presents examples of the implementation of the relationship of the need and ideological characteristics of the individual, subject to the use of a virtual educational environment. 119–123

Yevdulov O.V., Mispakhov I.Sh., Magomedova S.G., Nabiev N.A. **Full-scale tests of thermoelectric device for intracavitary hypothermia.** * The design of a thermoelectric device for intracavitary hypothermia, consisting of two thermoelectric batteries connected to each other by means of an all-metal heat pipe, equipped with an acting applicator and a liquid heat exchanger. Full-scale tests of the device on the experimental stand were carried out. The data on the temperature change of the control points of the device 124–128

in time at different supply currents of thermoelectric batteries are presented. The conclusion is made about the expediency of using the developed design of the device for intracavity hypothermia.

Alekseev A.V., Suckova L.I. **Design and Program implementation of the adaptive system of control of client training modes of the gym hall.** * This work is devoted to the development and development of algorithms for sports training regimes, depending on the online data from the fitness tracker. In this algorithm, APIs for connecting the MiBand2 bracelet were presented, an algorithm for optimizing physical preparation was developed. 128–134

Kolokolov I.R., Tushev A.N. **Development of an educational complex for studying computer operating principles when performing programs in a low-level language using turtle graphics.** * When studying programming in schools, the main attention is paid only to the study of language constructions and the implementation of any tasks for these constructions. However, it is often silent about how a computer is able to “understand” and execute instructions written in a programming language. The article offers a training program that demonstrates how programs are translated into a numeric code and how this numeric code is then executed step by step by a computer. 134–136

Shimko E.A., Utemesov R.M., Kozlov D.Yu. **The capabilities of the Vernier Digital Laboratory in the performance of the work of the Physical Practice».** * The article describes examples of photometry in the work of physical training with the use of a COL-BTA Colorimeter optical density sensor and a Vernier SpectroVis Plus spectrophotometer from Vernier when training medical physicists. Examples of the use of sensors when performing laboratory work «Determining the concentration of solutions by photocolometry» and «Determining the concentration of solutes in a two-component solution by the method of spectrophotocolometry» are considered. An experimental procedure for determining the concentration of substances in solutions and processing the results of measuring the optical density of various solutions is given. 137–141

Popkova A.I. **Motivational program-target management of the process of introduction of information technologies in medicine.** * The article reveals the aspects of management of the process of introduction of information technologies in a medical institution. The process of building a tree of goals of the subject and the object of management of this process, as well as the main difficulties in the integration of information and communication technologies in the treatment process and ways to overcome them. 142–146

- Andreeva A.Yu., Ushakov B.K. **Automation of the assessment of the reliability of tests in electronic courses using natural language processing methods.** * Data that can be collected by modern educational environments allow a better insight into the teaching process and are the basis for educational analytics. In this paper, it is proposed to evaluate the quality of the test tasks and their relationship to the main course content. The methods of NLP (Natural Language Processing), one of the current trends in modern artificial intelligence, are used. Evaluation of the validity of test tasks made using thematic modeling. The results obtained allow us to conclude that the predictive capabilities of this method are good. 146–150
- Belovolov I.E., Tushev A.N. **Development of software designed for Android OS to prepare for the Russian language exam.** * This article describes the software for self-training of students for the Russian language exam using devices based on Android OS. The article also describes the tasks that software implements, the way algorithm works, the structure of database. 150–155
- Rassohin A.D., Sharlaev E.V. **Practical safety training system based on competitive approach.** * Information security competitions in CTF (Capture The Flag) format have gained great popularity around the world. For the organization of such competitions, it is important to correctly design the game network, as well as develop the platform of the jury system. The article considers an example of successful implementation of such system. 155–159
- Kopylov A.A., Tushev A.N. **Development of software for validating the work of student programs in the course "Methods of decision-making" of the direction "Information Security.** * Consideration of software development to ensure the correctness of programs for students in the course "Decision Making Methods" of the direction "Information Security". Selected and justified testing method. The main testing module is described. 159–161
- Uvarov K.A., Yakunin A.G., **Development of software and hardware complex for monitoring the height of the lower boundary of cloud cover.*** To solve the problem of long-term automatic monitoring of the height of the cloud cover boundary, it has been proposed to use a measuring and computing complex based on the application of the method of A. N. Ippolitov. To use this method, it is enough to know the humidity of the air and determine the type of cloud cover within the three classes (stratified, cumulus, cirrus). To determine the type of cloud, it is proposed to use computer vision methods that allow to find the criteria necessary to perform the classification using the cloud image. 161–166

Uvarov K.A., Yakunin A.G., **Determining the speed of the movement of clouds through the descriptors of reference points.** * To determine the speed of clouds, it is proposed to use the passive method, in which the speed of the cloud is determined by the displacement of the reference points on its image. Point descriptors are calculated using the SURF method, and the cloud height required to calculate the velocity is found through the air humidity value and the type of cloud cover. 166–169

5. Elements, devices and software for measurement, control and informatization

Nee D.R. **Research of clamping devices under the influence of vibration loads.** * During operation, the printed – circuit board is subjected to significant mechanical stress – vibration, buff and lamped loads, causing large mechanical stresses in individual elements of the board, which can lead to disruption of the normal operation of the equipment or its failure. 170–172

Halin A.A., Zryumova A.G. **Analysis of opportunities of bluetoothlowenergy of sensors for design of control systems of location of the person.** * The article is devoted to the analysis of a person's indoor location control systems with the aid of Bluetooth Low Energy. 172–176

Aksenov R.Z., Suchkova L.I. **Semantic graph as a way to store summary information about the semantic load in the text.** * In this paper, the storage of semantic information of the text in a graph of a special type is considered. 177–180

Kalinicheshko O.V., Zryumov P.A. **Research of visual activity of the user of the personal computer.** * The article is devoted to the optical method of user's eye visual activity estimation. The problem of the influence of the time of computer using on user's eye visual activity is considered. As a result, an experiment was conducted to study the effect of gymnastics for eyes on visual activity. 180–184

Aksenov R.Z., Suchkova L.I., **Features of the generation of phrases for texts in native language.** * In this paper, the features of the generation of phrases in natural language are considered. The rules by which phrases are generated are presented. The implementation of these rules makes it possible to exclude many syntactically incorrect phrases. 184–186

Pupayev A.A., Zryumova A.G. **Development of an algorithm of the program of the analysis of potential of rest of seeds of wheat.** * Article is devoted to development of an algorithm of the program for the analysis of change of potential of rest of seed of wheat, based on application of low-frequency filtration. 187–190

- Shumarin O.O., Zryumov P.A. **Research of influence of illumination on detecting of key points of the image by means of a method of a visual odometriya.** * The article is devoted to the optical method of distance estimation. The problem of the influence of the illumination level on the quality of detection of key points is considered. As a result, an experiment was conducted, evaluating the degradation of the algorithm. 190–193
- Sidorenko E.A. Suchkova L.I. **Application of multicriteria optimization methods and solutions for solving problems of choice for the TalonDo service.** * Modern electronic services to make an appointment with a doctor can save time and optimally select the necessary specialist, service or clinic. But according to the statistics, the method of searching by string match does not provide the user with a complete list of objects that can be used as a solution. The aim of the work is to develop software for calculating optimization parameters when choosing services of a commercial clinic using methods of multicriteria optimization, as well as analyzing the work of the module. This module will allow the decision maker to provide a wider choice of alternative options. 194–200
- Lyuty S.A., Tushev A.N. **Using the methods of deep learning to solve the problem of automatic adjusting a palette of images in photos.** * This article describes various ways to use neural networks in image processing, as well as an intelligent system that allows you to change the color palette of the image, making the image more aesthetic. The article also explains the principle of operation of convolutional neural networks and their use in image processing 200–204
- Uryupin D.V. **Development of pll system for dvb-t2 modulator.** * The PLL system for the DVB-T2 modulator was improved, designed to filter the PPS jitter signal, a digital filter for the synchronization loop was synthesized, an algorithm for capturing the input frequency and a method for filtering large emissions of the input jitter were added. 204–208
- Nazdryukhin A.S., Khramtsov I.N. **Algorithm for pedestrian tracking using feature point processing.** * This article discusses methods of pedestrian tracking. An algorithm is proposed for pedestrian tracking using the feature points of the image. 209–214
- Nazdryukhin A.S., Khramtsov I.N. **Image processing of sale receipts for text information recognition.** * This article illustrates the use of various methods of processing and analyzing images to extract textual information from sale receipts. 214–219

**ИЗМЕРЕНИЕ,
КОНТРОЛЬ,
ИНФОРМАТИЗАЦИЯ**

**Материалы XX международной
научно-технической конференции**

Издано в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60×84 1/16.

Печать – цифровая. Усл.п.л. 16,74.

Тираж 77 экз. Заказ 2019 – —

Издательство Алтайского государственного
технического университета им. И.И. Ползунова,
656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46
<http://izdat.secna.ru>

Лицензия на издательскую деятельность
ЛР № 020822 от 21.09.98 г.

Отпечатано в типографии АлтГТУ,
656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46

Лицензия на полиграфическую деятельность
ПЛД №28–35 от 15.07.97 г.