

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ**

**Сборник трудов  
VI Всероссийского конгресса  
молодых ученых**



**УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

**Санкт-Петербург**

**2017**

Сборник трудов VI Всероссийского конгресса молодых ученых.– СПб.: Университет ИТМО, 2017. – 281 с.

В издании «Сборник трудов VI Всероссийского конгресса молодых ученых» публикуются работы, представленные в рамках VI Всероссийского конгресса молодых ученых и XIV Всероссийской межвузовской конференции молодых ученых, которая состоялась 18–21 апреля 2017 года в Санкт-Петербургском национальном исследовательском университете информационных технологий, механики и оптики.

ISBN

ISBN



**УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

Университет ИТМО – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 в 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2017

© Авторы, 2017

УДК 681.786.2, 004.9

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ТРЕХМЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ  
В ОБЛАСТИ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ****Агеева Т.А.<sup>1</sup>, Ткачева Е.В.<sup>1</sup>, Шевяков А.Д.<sup>1</sup>  
Научный руководитель – к.т.н. Кузнецова О.В.<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Университет ИТМО**

В работе рассмотрены и описаны существующие методы трехмерного сканирования, выявлены их особенности, достоинства и недостатки. Проанализирован принцип работы каждого из 3D-сканеров, области применения, выбран наиболее подходящий для области приборостроения метод сканирования.

**Ключевые слова:** приборостроение, 3D-сканирование, 3D-технологии, 3D-модель.

В современном мире вместе с непрерывным развитием трехмерной (3D) технологии, которая является одной из самых молодых, растет спрос на различные 3D-устройства, в числе которых можно выделить 3D-сканеры. 3D-сканирование – это систематический процесс определения координат точек, принадлежащих поверхностям сложнопрофильных физических объектов (в частности, деталей) с целью последующего получения их пространственных математических моделей, которые могут модифицироваться с помощью CAD-систем [1].

В настоящее время 3D-сканирование представляет собой самый современный и наиболее распространенный способ перевода физической формы объекта в цифровой формат, так как оно обладает рядом преимуществ по сравнению с другими способами моделирования: высокой точностью, надежностью, реалистичностью полученной модели, универсальностью, экономией времени, возможностью изменения полученной 3D-модели после сканирования [2].

**Целью работы** являлся обзор существующих методов трехмерного сканирования и выявление наиболее подходящих в области приборостроения.

Существующие 3D-сканеры предназначены для самых различных целей: для сканирования небольших деталей используют компактные настольные сканеры, для сканирования салонов автомобилей и прочих труднодоступных мест применяют ручные сканеры, а для сканирования целых местностей рельефа земной поверхности применяют специальные геодезические фазовые лазерные сканеры.

3D-сканеры делятся на два типа по методу сканирования: контактный и бесконтактный.



Рис. 1. Пример применения контактного метода сканирования

Основной принцип контактного метода заключается в обводке сканируемого объекта специальным устройством – щупом, что можно увидеть на рис. 1. Контактные 3D-сканеры исследуют сканируемый объект непосредственно через физический контакт, в то время как объект сканирования пребывает на прецизионной поворачивочной

плите, отшлифованной и отполированной до необходимой степени шероховатости поверхности. Если физические свойства объекта не позволяют ему сохранять устойчивое положение на горизонтальной поверхности, то для его фиксации используются дополнительные устройства – тиски [3].

Перед началом сканирования на объект сканирования наносится специальная сетка, размер ячеек которой минимальный в областях высокой кривизны поверхности и максимальный – в областях малой кривизны. Посредством щупа производится замер координат точек, полученных в местах пересечения линий сетки, информация о которых поступает на персональный компьютер (ПК) пользователя после замера.

Данный способ используется исключительно при ручной обводке поверхности объекта. Современным развитием данного метода стало использование для 3D-сканирования специального устройства, при применении которого отсутствует необходимость ручной обводки и нанесения на сканируемый объект сетки. Щуп движется по поверхности объекта, и информация о координатах его положения поступает на ПК. На основе этих координат строится 3D-модель сканируемого объекта.

Преимуществами данного метода являются:

- простота процесса;
- независимость от условий освещения;
- высокоточное сканирование ребристых поверхностей и призматических деталей;
- компактный объем полученных файлов.

К недостаткам же относятся:

- невозможность захвата текстуры сканируемого объекта;
- сложность или невозможность сканирования объектов больших размеров и объектов из достаточно мягких по своей структуре материалов.

В свою очередь, бесконтактный метод подразделяется на активный и пассивный.

1. Активный бесконтактный метод основывается на регистрации отраженных лучей от объекта сканирования, источником которых является сам 3D-сканер, представленный на рис. 2. Сканер может облучать объект не только направленными световыми, но и лазерными, ультразвуковыми или рентгеновскими лучами.



Рис. 2. Пример применения активного бесконтактного метода сканирования

Принцип данного метода основывается на измерении расстояния от сканера до точек объекта сканирования, в роли которых обычно выступают светоотражающие самоклеящиеся маркеры. Также широкое применение нашел способ сканирования оптическими системами, использующими модулированную или структурированную подсветку.

В случае модулированной подсветки объект освещается световыми импульсами, изменяющимися определенным образом. Камера 3D-сканера считывает отражения и по искажениям получает облик сканируемого объекта.

При структурированной подсветке объект освещается определенным «узором» (сеткой), по искажениям которой камера формирует 3D-модель. Эти данные либо сохраняются в памяти сканера, и только после этого передаются на ПК, либо сразу поступают на ПК, где происходит их обработка и построение трехмерной модели.

3D-сканер в один момент времени видит только часть объекта, что обуславливает необходимость в процессе сканирования перемещать объект сканирования или двигать сам сканер. Таким образом, 3D-модель получается посредством объединения отсканированных разрозненных частей сканируемого объекта.

В большинстве случаев, благодаря программному обеспечению, существует возможность увидеть отсканированную часть объекта сразу же на экране ПК. Это позволяет обеспечить контроль качества сканирования, проконтролировать, насколько хорошо выбран угол сканирования, и понять, за сколько итераций можно отсканировать объект. Выбирая правильные углы сканирования, можно добиться сокращения сканирования за счет уменьшения количества сканируемых кусков объекта.

К преимуществам активного метода 3D-сканирования можно отнести:

- низкую стоимость сканирования;
- возможность применения вне помещения;
- использование при различной освещенности;
- сканирование объектов, недоступных для других методов сканирования.

Недостатками данного метода являются:

- сложность или невозможность сканирования прозрачных и зеркальных поверхностей;
- сканирование мелкоразмерных изделий требует использование более точной оптики, а, соответственно, более дорогих 3D-сканеров.

Пассивный бесконтактный метод использует уже имеющийся окружающий свет, и отражение данного света от объекта сканирования анализируется 3D-сканером, который представлен на рис. 3. Большинство сканеров данного типа предназначены для обнаружения видимого света как наиболее доступного вида окружающего излучения. Другие типы излучения, к примеру, инфракрасное также может быть задействовано при 3D-сканировании.



Рис. 3. Модель пассивного бесконтактного 3D-сканера

Пассивные методы сканирования относительно дешевые, так как в большинстве случаев они не нуждаются в специальном оборудовании: для 3D-сканирования достаточно использования обычной цифровой камеры. К наиболее распространенным способам пассивного сканирования можно отнести стереоскопический, фотометрический и силуэтный.

- Стереоскопические системы предусматривают использование двух видеокамер, расположенных в разных местах, но, объективы которых направлены в одну

сторону. Анализируя различия в снимках каждой камеры, можно определить расстояние до каждой точки на изображении. Этот метод по своему принципу похож на стереоскопическое зрение человека.

- Фотометрические системы обычно используют одну камеру, которая производит съемку нескольких кадров при любых условиях освещения. Данные системы рассчитаны на преобразование модели объекта для восстановления поверхности по каждому пикселю.
- Силуэтные техники используют контуры из последовательных фотографий трехмерного объекта на контрастном фоне. Эти силуэты экструдируют и преобразуют, чтобы получить видимую оболочку объекта. Однако этот метод не позволяет просканировать углубления в объекте (к примеру, внутреннюю полость чаши).

В результате данного исследования были проанализированы различные методы трехмерного сканирования, выявлены и описаны их достоинства и недостатки. Сделан вывод, что контактный метод сканирования не подходит для применения его в области приборостроения, так как повышается возможность повреждения сканируемого объекта и небольших деталей и компонентов, входящих в его состав.

Наиболее оптимальным является бесконтактный активный метод. Источником отраженных лучей является сам сканер, что обеспечивает независимость процесса сканирования от условий освещенности, что позволяет наиболее точно и полно выявить форму сканируемого объекта, не повредив его.

### Литература

1. Что такое 3d сканирование и зачем оно нужно [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://3d-daily.ru/other-news/what-is-3d-scan.html>, своб.
2. Буянов С.С. Перспективы использования 3D-технологий для развития информационно-аналитической платформы «История современной России» // *Исторические исследования*. – 2014. – № 6. – С. 75–97.
3. Лысыч М.Н., Шабанов М.Л., Жадобкина В.В. Современные системы 3D сканирования // *Молодой ученый*. – 2014. – № 20. – С. 167–171.

### УДК 664.83

#### РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПРОИЗВОДСТВА ЭКСТРУДИРОВАННОГО ЗАКУСОЧНОГО ПРОДУКТА НА ОСНОВЕ КАРТОФЕЛЯ

Аксенова О.И.<sup>1</sup>, Алексеев Г.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

Производить снеки сбалансированного состава с пониженным содержанием жира и соли позволяет экструзионная обработка, однако, поскольку процесс экструзии картофеля во всем мире практически не изучен, необходимо разработать технологию производства сбалансированных картофельных экструдатов. Представленный в работе состав ингредиентов наилучшим образом влияет на повышение пищевой и биологической ценности продукта; а за счет использования побочных продуктов рыбо- и овощеперерабатывающих производств уменьшается себестоимость продукта.

**Ключевые слова:** закусовые продукты, экструзия, переработка картофеля, биологическая полноценность, вторичное сырье пищевого назначения.

Ускоренный ритм жизни современного общества способствует росту популярности продуктов быстрого приготовления у населения в возрасте от 12 до 65 лет. С 2010 по 2016 годы потребление продуктов быстрого приготовления возросло с

11% до 35%. Одним из наиболее перспективных сегментов на рынке продуктов быстрого питания является сегмент снеков. Однако среднестатистическое потребление снеков в России, равное 2,5 кг в год, остается достаточно низким по сравнению с США – 11,2 кг в год, и странами Западной Европы – 3,9 кг в год, что говорит о значительном потенциале роста российского рынка закусочных продуктов.

Весь ассортимент снеков, представленных на мировом рынке можно разделить на сладкие и соленые снеки, при этом российский потребитель отдает предпочтение соленым снекам. К сладким снекам относят: попкорн, воздушную кукурузу, печенье, вафли, шоколадные батончики, мармелад, орехи, сухофрукты и другие. В группу соленых снеков включают: чипсы (картофельные, кукурузные), экструдаты, семечки, орехи, сухарики, крекер, соломку, сушеные рыбы, кальмары, копченый сыр, копченые колбасы и другие.

Потребление снеков в зависимости от их разновидности по странам приведено на рис. 1, из которого видно, что российский рынок снеков недостаточно насыщен, так как большая доля потребления приходится на категорию «Другие». Это говорит о готовности российского потребителя экспериментировать с новыми типами снеков, к появлению новых вкусов в предлагаемой линейки снеков.

Российский рынок снеков показывает стабильный рост последние 6 лет, однако, темп роста в последний год снизился. В основном рост рынка снеков обеспечивается за счет увеличения сегмента соленых снеков, которое наблюдалось на протяжении 2010–2016 годов. Снижение темпа роста связано с трендом на здоровое питание, сокращением импульсной розницы, которая являлась основным каналом продаж снеков, а также с последствиями санкций, введенных против Российской Федерации (РФ), спровоцировавших закономерный рост розничных цен.

Глобальная проблема наличия избыточного веса, так, в США 60% населения имеют избыточный вес, в России – 55%, в Китае – 15%, привела к популяризации здорового образа жизни. Данная тенденция способствует повышенному спросу на продукты правильного питания, в том числе на сбалансированные и натуральные снеки [1]. На рынке сбалансированных снеков с низким содержанием соли, сахара, вкусоароматических добавок и жира начал активно развиваться сегмент хлебцев, в том числе и экструдированных, протеиновых батончиков, а также батончиков мюсли. И хотя тренд здорового образа жизни находит все большее распространение во всем мире, соленые снеки с пониженным содержанием соли и жира еще недостаточно широко представлены на российском рынке.

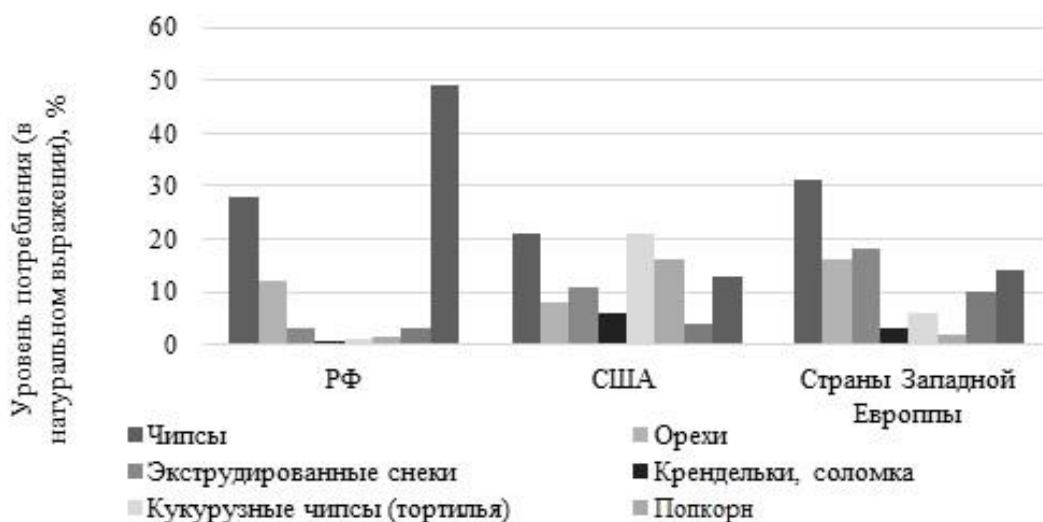


Рис. 1. Уровень потребления различных типов закусочных продуктов в зависимости от страны

Производить снеки с пониженным содержанием жира и соли, приятной пористой и хрусткой текстурой позволяет экструзионный процесс, также экструдированные снеки не требуют дальнейшего обжаривания в масле и дражжирования во вкусоароматических веществах. При этом экструзия позволяет легко обрабатывать сырье растительного и животного происхождения совместно с отходами перерабатывающих производств, что обеспечивает ресурсосбережение при производстве снеков. В процессе экструзии тепловая и сдвиговая энергии прикладываются к сырьевому материалу, вызывая структурные и химические изменения, изменения в биологической ценности продукта, такие как желатинизация и разрушение крахмала, денатурация белков, окисление жиров; разрушение витаминов, антиоксидантов, фитохимических соединений, образование вкусовых веществ, увеличение минеральной биодоступности и растворимости диетических волокон. Экструдеры обеспечивают термомеханический сдвиг, необходимый для создания фитохимических изменений в сырье, при интенсивном перемешивании с целью диффузии и гомогенизации ингредиентов, включая: транспортирование, смешение, сдвиг, нагрев или охлаждение, формование, удаление летучих веществ и влаги, создание вкуса и запаха, герметизацию и стерилизацию. Экструзионная обработка становится все более популярной в сравнении с традиционными методами обработки благодаря ее автоматизированному контролю, высокой мощности, непрерывности процесса, высокой производительности, гибкости и адаптивности, энергетической эффективности, низкой стоимости. Более того, она позволяет создавать и разрабатывать новые типы продуктов с высоким качеством, уникальными формой и характеристиками, экономией энергии при отсутствии сточных вод.

Биологически полноценные экструдированные закусочные продукты в основном состоят из крахмалсодержащего сырья, представленного различными муками из зерновых: рисовая, кукурузная, овсяная мука, а также растительных и животных белков, представленных бобовыми культурами, отходами мясо- и рыбоперерабатывающих производств; диетических волокон из побочных продуктов переработки фруктов, ягод, и овощей.

Одной из наиболее возделываемых в нашей стране крахмальных культур является картофель, так, валовый сбор картофеля в 2014 году составил 330 млн тонн, при этом за последние 15 лет он вырос на 20%. Однако процесс экструдирования картофеля для разработки закусочных продуктов во всем мире практически не изучен [2], именно по этим причинам картофель был выбран в качестве крахмальной основы для разрабатываемого сбалансированного экструдированного закусочного продукта. Обогащение снека белками животными происхождения производится за счет побочных продуктов рыбных производств, переработанных в смесь фаршей пелагических рыб и рыб ценных пород [3]. Обогащение снека диетическими волокнами производится за счет побочных продуктов овощеперерабатывающих производств, в частности, переработки свеклы [4].

Таким образом, данная работа посвящена развитию научных основ процесса производства экструдированных картофелепродуктов, обогащенных белковыми добавками и диетическими волокнами [5], а также разработке технологии производства экструдированного закусочного продукта на базе картофеля.

Технологическая схема производства экструдированного закусочного продукта на базе картофеля представлена на рис. 2 и включает в себя операции: подготовки начинки, подготовки картофельного полуфабриката для корпуса, коэкструзии, резки сушки, фасовки и упаковки. При этом соотношение корпуса и начинки в снеке равно 60:40%.



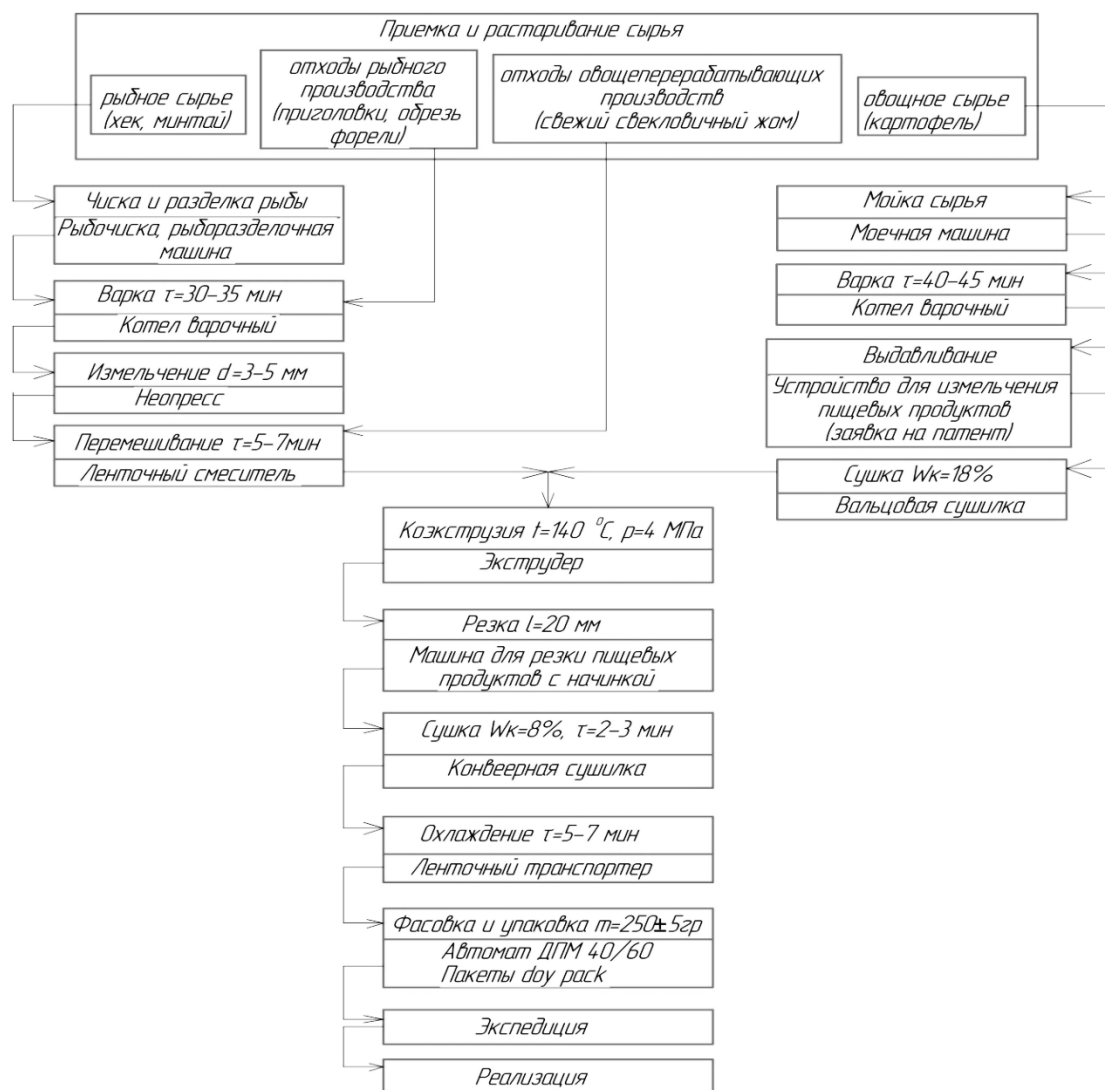


Рис. 2. Технологическая схема производства сбалансированного экструдированного закусочного продукта на основе картофеля

Подготовка рыбной начинки состоит из операций: чистки и разделки пелагических рыб (минтай и (или) хек), варки их совместно с обрезью и приголовками рыб ценных пород (форель), измельчения отваренных тушек и обрезков в фарш, смешения рыбного фарша со свекловичным жомом как источником пищевых волокон.

Подготовка картофельного полуфабриката для корпуса заключается в мойке и варке клубней картофеля, их выдавливании для получения пюре, и его сушки до конечной влажности 18%.

После чего подготовленный картофельный полуфабрикат подается в загрузочное отверстие экструдера, который является основным оборудованием технологической линии. Производительность экструдера, зависящая от конфигурации его рабочих органов и габаритных размеров, напрямую определяет производительность технологической линии производства закусочного продукта. В корпусе экструдера картофельный полуфабрикат транспортируется шнеком от загрузочного отверстия к матрице при высоком давлении (4 МПа). В это время он гомогенизируется, пластифицируется и разогревается за счет сил трения материала о корпус и шнек, при этом выходящий из фильер матрицы картофель образует полый жгут, который заполняется рыбной начинкой, одновременно подаваемой в фильеры матрицы экструдера по трубкам при помощи насоса-дозатора. На выходе из матрицы резкий перепад давления вызывает мгновенное испарение влаги из картофельного корпуса, что приводит к разрыву

крахмальных зерен, желатинизации (сухой клестеризации) крахмала картофеля, и как следствие, значительному расширению экструдата (степень экспандирования приблизительно равна 600%), появлению пористой хрусткой структуры.

В заключение необходимо отметить, что предложенный состав ингредиентов наилучшим образом влияет на повышение пищевой и биологической ценности продукта, а за счет экструзионной обработки сохраняется большинство полезных веществ рыбы и свекловичного жома. За счет верно подобранных технологических режимов улучшаются вкусовые качества, характерные для закусочного продукта: более выраженные вкус и запах, сочная консистенция начинки, хрустящая и пористая текстура корпуса. А за счет использования побочных продуктов рыбо- и овощеперерабатывающих производств уменьшается себестоимость продукта.

### Литература

1. Cheyne A., Barnes J., Gedney S., Wilson D.I. Extrusion behavior of cohesive potato starch pastes: II. Microstructure-process interactions // *Journal of Food Engineering*. – 2005. – № 66. – P. 13–24.
2. Ненахов Р.В. Разработка и научное обоснование способа производства экструдированных картофелепродуктов, обогащенных белковыми добавками. Дисс. канд. техн. наук. – Воронеж, 2001. – 147 с.
3. Верболоз Е.И., Алексеев Г.В., Аксенова О.И. Влияние тепловой обработки на функциональные свойства рыбных фаршей // *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство*. – 2016. – № 1. – С. 107–112.
4. Alam M.S., Kaur J., Khaira H. Extrusion and Extruded Products: Changes in quality Attributes as Affected by Extrusion Process Parameters: A Review // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. – 2016. – P. 445–473.
5. Алексеев Г.В., Аксенова О.И. Функционально-стоимостной анализ процесса экструдирования вторичного пищевого сырья птицепереработки // *Энергетика, информатика, инновации: сб. трудов VI Международной научно-технической конференции: в 3 томах*. – 2016. – Т. 2. – С. 249–252.

УДК 663.479.1

### ПОБОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ МЕТАБОЛИЗМА МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ И ДРОЖЖЕЙ В ПШЕНИЧНОМ КВАСЕ

Алексеева М.С.<sup>1</sup>

Научный руководитель – к.т.н., доцент Баланов П.Е.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе рассмотрены различные дрожжи и молочнокислые бактерии, применяемые для сбраживания нетрадиционного пшеничного кваса, а также побочные продукты их метаболизма. Целью использования данных микроорганизмов являлось улучшение вкусового профиля напитка и формирование различных оттенков вкуса и аромата.

**Ключевые слова:** квас, пшеничный квас, безалкогольный напиток, молочнокислые бактерии, дрожжи, побочные продукты.

**Введение.** Квас является безалкогольным национальным напитком, известным по летописям со временем крещения Руси, т.е. с X века. Несмотря на то, что основным его компонентом считается ржаной солод, существуют и другие возможные виды сырья для приготовления данного напитка.

Полученный в ходе предыдущих экспериментов напиток можно назвать уникальным в силу некоторых особенностей: пшеничный квас приготовлен только из

натуральных ингредиентов, в его составе отсутствуют синтетические консерванты, искусственные красители и усилители вкуса. Также уникальность игристого пшеничного кваса обусловлена используемым для его производства сырьем и органолептическими характеристиками (сбалансированный приятный кисловатый вкус со слабовыраженным ароматом, в котором различимы легкие цитрусовые нотки) [1].

**Цели и задачи исследования.** Для формирования несвойственных пшеничному квасу оттенков вкуса и аромата или улучшения вкусового профиля необходимо провести исследования с применением различных культур молочнокислых бактерий и дрожжей, а также дать сравнительную оценку сенсорных и физико-химических параметров качества полученных пшеничных квасов.

С точки зрения органолептической оценки аромат и вкус кваса непосредственно будут зависеть от подобранных для сбраживания культур микроорганизмов, так как они играют огромную роль в процессе брожения, оказывая влияние на длительность брожения, вкусовой профиль и физико-химические характеристики готового продукта. Наиболее подходящие для экспериментов штаммы *Saccharomyces cerevisiae* были выбраны из числа штаммов, используемых для пшеничного пива: W68, W320, WB-06.

- W68. Баварский штамм. Напиток, полученный с его использованием, характеризуется легким дрожжевым ароматом и вкусом, ароматом фруктов и пряностей. Ярко выражены фенольные тона, аромат гвоздики, банановый вкус ощутим, но не является доминирующим. Низкие значения концентраций диацетила и ацетальдегида.
- W320. Голландский штамм. Напиток характеризуется гармоничным вкусом и «деликатным» ароматом – легкие фруктовые тона, банан, дюшес, немного гвоздики, легкий пшеничный аромат. Освежающий эффект ярко выражен.
- WB-06. Штамм обеспечивает появление в напитке эфирных и фенольных ароматических нот, характерных для типичного пшеничного пива. Отчетливо выражена гвоздика. Присуща низкая флокуляционная способность.

Для получения более достоверных результатов эксперимента были подобраны разные виды бактерий, а именно: *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus fermenti*, *Lactobacillus brevis*. Учитывается тот факт, что по типу брожения молочнокислые бактерии делятся на гомоферментативные и гетероферментативные.

- *Lactobacillus delbrueckii* или дельбрюковская палочка. Обладает гомоферментативным типом брожения, не синтезирует  $\text{CO}_2$  при сбраживании сахаров. Низкая флокуляционная способность, высокая интенсивность кислотообразования.
- *Lactobacillus plantarum* или молочнокислая лактобактерия. Может обладать как гомоферментативным, так и гетероферментативным типом брожения, синтезирует глицерин, диацетил, бутандиол-2,3, янтарную кислоту, ацетальдегид. Обладает высокой интенсивностью кислотообразования.
- *Lactobacillus fermenti*. Данной культуре присуще гетероферментативный тип брожения, происходит синтез  $\text{CO}_2$  при сбраживании сахаров, в зависимости от среды также синтезируется ацетальдегид. Средняя интенсивность кислотообразования.
- *Lactobacillus brevis*. Данной культуре присуще гетероферментативный тип брожения, происходит синтез  $\text{CO}_2$  при сбраживании сахаров, не происходит синтеза диацетила. Средняя интенсивность кислотообразования.

Используя уже полученную рецептуру и имеющиеся компоненты, было приготовлено несколько образцов для сравнительной характеристики органолептических показателей пшеничного кваса, сброженного на разных культурах дрожжей и молочнокислых бактерий. Каждый образец подвергался исследованиям по ГОСТ 31494-2012 [2]. Весомой разницы в физико-химических показателях у образцов

пшеничного кваса не наблюдалось. Из 12 образцов наилучшими показателями обладают три образца, сброженных при помощи штамма W320. Они характеризуются: объемной долей спирта 0,5–0,6% об., средним количеством CO<sub>2</sub> 0,3–0,33%, кислотностью 1,5–2 к.ед, мягким вкусом и ароматом, от тонкого фруктового до резкого, обусловленного присутствием диацетила, ацетальдегида, глицерина, бутандиола.

**Результаты исследования.** Учитывая, что существенной разницы в физико-химических параметрах у экспериментальных образцов пшеничного кваса не наблюдалось, основным критерием для подбора микроорганизмов является органолептическая оценка. Наиболее подходящий штамм дрожжей – W320, а для выявления наиболее подходящих молочнокислых бактерий требуется провести ряд опытов и выбрать из *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis* и *Lactobacillus fermenti*.

### Литература

1. Алексеева М.С. Разработка рецептуры и технологии кваса из пшеничного сырья // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2016. – № 10(121). – С. 151–155.
2. ГОСТ 31494-2012. Квасы. Общие технические условия. – Введен 01.07.2013. – М.: Стандартинформ, 2013. – 7 с.

УДК 004.934.8'1

### КАТАЛОГ LINGUISTIC DATA CONSORTIUM: ОБЗОР РУССКОЯЗЫЧНЫХ РЕЧЕВЫХ БАЗ ДАННЫХ

Алсуфьев А.А.<sup>1</sup>, Былецкий Д.А.<sup>1</sup>, Кабаров В.И.<sup>1</sup>

Научный руководитель – д.т.н. Матвеев Ю.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе приведен обзор русскоязычных речевых баз данных, а также многоязычных речевых баз данных, содержащих записи на русском языке, представленных в каталоге Linguistic Data Consortium. Приведены сведения о данных речевых базах данных (изготовитель, год издания, применение), а также технические характеристики речевых баз данных (формат записи, количество и длительность записей, характеристики дикторского состава).

**Ключевые слова:** речевая база данных, распознавание дикторов, распознавание речи, мультязычная речевая база данных, микрофонный канал, телефонный канал.

**Введение.** Речевые базы данных (РБД) являются важным инструментом для разработки и тестирования алгоритмов распознавания и синтеза речи, идентификации и верификации диктора, разделения дикторов и применяются во всех направлениях современных речевых технологий [1].

В то же время, поскольку создание качественной, хорошо структурированной, представительной РБД является ресурсоемкой и затратной задачей [2], во многих случаях исследователи не создают речевые базы самостоятельно, а приобретают лицензии на уже готовые РБД. Особую актуальность это имеет для вузов и академических учреждений, так как для них существуют так называемые «академические лицензии», часто стоящие значительно дешевле коммерческих.

В данной работе дан обзор русскоязычных речевых баз данных, доступных в каталоге Linguistic Data Consortium (LDC) [3].

В настоящий момент в каталоге LDC доступно 19 РБД, содержащих записи на русском языке. Их можно разделить на две части: русскоязычные РБД и мультязычные РБД, содержащие записи на русском языке.

**Русскоязычные речевые базы данных.** Полностью русскоязычных баз в каталоге две. Это базы «West Point Russian Speech» и «Russian through Switched Telephone Network (RuSTeN)».

1. Речевая база данных «West Point Russian Speech». Разработчики данной РБД – Department of Foreign Languages (DFL) and the Center for Technology Enhanced Language Learning (CTELL) at the United States Military Academy at West Point. Дата выпуска базы – 18 декабря 2003 года. Применение базы – распознавание речи.

Технические характеристики данной РБД:

- микрофонный канал;
- формат записи: 16 бит, 22 050 Гц, PCM, моно;
- общее количество звуковых файлов – 4181 (мужчины – 2130, женщины – 2051);
- количество звуковых файлов, содержащих записи дикторов, для которых русский язык является родным – 2290 (мужчины – 1027, женщины – 1263), для которых русский язык не является родным – 1891 (мужчины – 1103, женщины – 788);
- общая длительность записей – 4,3 ч (мужчины – 2,2 ч, женщины – 2,1 ч), в том числе длительность записей носителей русского языка – 2,4 ч (мужчины – 1,1 ч, женщины – 1,3 ч), не носителей русского языка – 1,9 ч (мужчины – 1,1 ч, женщины – 0,8 ч);
- общее количество дикторов – 55 (мужчины – 29, женщины – 26), в том числе носителей русского языка – 29 (мужчины – 13, женщины – 16), не носителей русского языка – 26 (мужчины – 16, женщины – 10).

2. Речевая база данных «Russian through Switched Telephone Network (RuSTeN)». Разработчиком данной базы является компания «Центр речевых технологий», Санкт-Петербург, Россия. Дата выпуска базы – 21 июля 2006 года. Применение базы – распознавание речи, идентификация и верификация диктора.

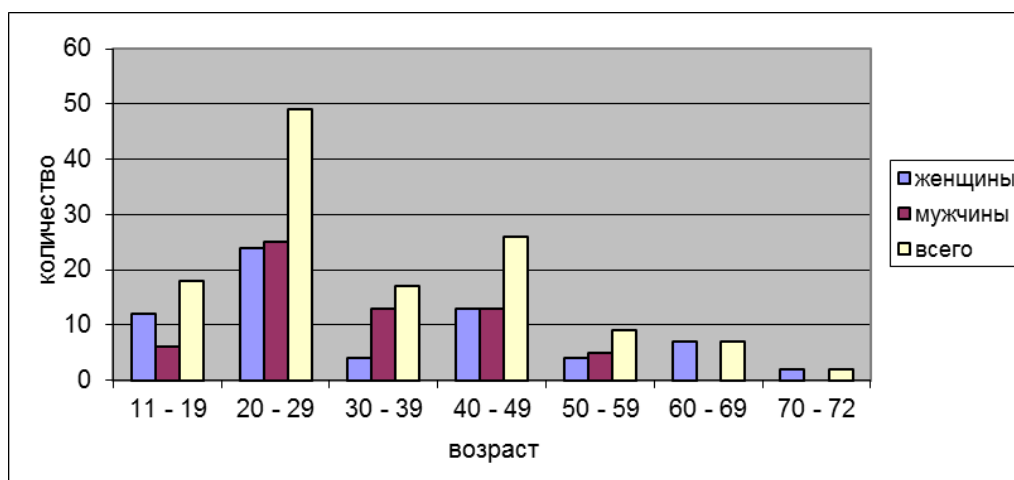


Рисунок. Половозрастной состав речевой базы данных Russian through Switched Telephone Network (RuSTeN)

Технические характеристики данной базы данных:

- телефонный канал;
- общее количество дикторов – 125;
- гендерный состав: 58 мужчин, 67 женщин;
- каждый диктор имеет 5 сессий записи;
- длительность каждой сессии записи – не менее 150 с;
- формат записи – 16 бит, 11 025 Гц, PCM, моно.

Далее приведены основные характеристики дикторского состава РБД:

- половозрастное распределение (рисунок): от 11 до 19 лет – 18 дикторов (женщины – 12, мужчины – 6), от 20 до 29 лет – 45 дикторов (женщины – 24, мужчины – 25), от

30 до 39 лет – 17 дикторов (женщины – 4, мужчины – 13), от 40 до 49 лет – 26 дикторов (женщины – 13, мужчины – 13), от 50 до 59 – 9 (женщины – 4, мужчины – 5), от 60 до 69 лет – 7 дикторов (женщины – 7, мужчины – 0), от 70 до 72 лет – 2 диктора (женщины – 2, мужчины – 0);

- место рождения дикторов: Санкт-Петербург и Ленинградская область – 93, также представлены дикторы из различных регионов России и бывшего СССР;
- место проживания дикторов в настоящий момент – Санкт-Петербург и Ленинградская область.

**Мультиязычные речевые базы данных, содержащие записи на русском языке.** В каталоге LDC представлена одна трехязычная речевая база данных славянских языков «Multi-Language Conversational Telephone Speech 2011 – Slavic Group». Данная РБД содержит записи на языках славянской группы – русском, украинском и польском. Разработчик – Национальный институт стандартов и технологий США (NIST) [4]. Дата выпуска базы – 15 ноября 2016 года. Применение базы – идентификация языка.

Основные технические характеристики данной базы данных:

- общая длительность записей – 60,4 ч речи (28,3 ч на польском языке, 13,1 ч на русском языке, 19 ч на украинском языке);
- дикторы – носители соответствующих языков;
- телефонный канал;
- длительность звонка (диалога дикторов) – до 15 мин;
- формат записи: 16 бит, 8 000 Гц, РСМ, стерео.

Остальные речевые базы данных в каталоге LDC являются мультиязычными и содержат, кроме записей на русском языке, записи на английском, немецком, китайском, корейском и других языках.

Большая часть мультиязычных речевых баз данных разработана Национальным институтом стандартов и технологий США (NIST) в рамках проектов NIST Speaker Recognition Evaluation (8 РБД, 2005–2008 годы) и NIST Language Recognition Evaluation (2 РБД, 2007–2009 годы). Данные РБД содержат два типа записей – 10-секундные 2-канальные записи и 5-минутные 2-канальные записи. Формат записи 8 бит, 8 000 Гц, телефонный канал. Количество записей на русском языке в общем объеме записей в описании на сайте LDC не приводится.

**Заключение.** В данной работе был сделан обзор русскоязычных речевых баз данных, доступных в каталоге Linguistic Data Consortium. Все базы данных были разделены на два раздела – содержащие записи только на русском языке, содержащие базы как на русском, так и на других языках. Более подробно были описаны речевые базы данных, содержащие записи только на русском языке.

### Литература

1. Кривнова О.Ф. Речевые корпуса на новом технологическом витке // Речевые технологии. – 2008. – № 2. – С. 13–24.
2. Кабаров В.И., Алсуфьев А.А. Создание речевых баз данных на польском и чешском языках для целей идентификации диктора // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. – 2016. – Т. 1. – С. 55–57.
3. Linguistic Data Consortium [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://catalog.ldc.upenn.edu/>, своб.
4. National Institute of Standards and Technology | NIST [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nist.gov/>, своб.

УДК 331

**РОЛЬ ЛИДЕРСТВА В РЕИНЖИНИРИНГЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ**Ахмедов А.А.<sup>1</sup>Научный руководитель – д.э.н., профессор Макаrenchенко М.А.<sup>1</sup><sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе рассмотрена роль лидерства в реинжиниринге компании. Автор ищет истинные причины многочисленных неудач в проведении масштабных организационных изменений. Одной из таких причин является отсутствие должного внимания к лидерству. Автор придает этому понятию особое значение и предлагает концепцию, в рамках которой лидер выступает в роли социального архитектора, создающего особое пространство, стимулирующее работу команды по реинжинирингу.

**Ключевые слова:** бизнес-процесс, управление процессами, процессный менеджмент, реинжиниринг, проект, лидер, социальный архитектор.

Систематические исследования попыток реинжиниринга до настоящего времени не проводились, однако, экспертные оценки показывают, что до сих пор около 50–70% проектов реинжиниринга заканчивались неудачей.

Можно ли утверждать, что реинжиниринг бизнес-процессов связан с высоким риском? В чем заключается этот риск? Как его просчитать, и какие факторы на него влияют?

Ответы на все эти вопросы могли бы помочь руководству организации понять, будет ли проект по реинжинирингу успешен еще до его запуска. И если шанс невелик, то установить – почему, выявить узкие места в организации именно с точки зрения ее готовности к коренным изменениям, тотальной перестройке.

Обратимся к понятию риска.

Риск – это деятельность, связанная с преодолением неопределенности в ситуации неизбежного выбора, возможность наступления одного или нескольких случайных событий, ситуативная характеристика деятельности, отображающая неопределенность ее исхода и возможные неблагоприятные последствия в случае неуспеха [1].

Существует множество определений этого многогранного явления, отражающих его различные аспекты. Сущность риска состоит в соответствии цели и результата деятельности, позволяющей судить о несовпадении между ними. Мера этого несовпадения и есть мера риска. Если есть совпадение цели и результата – риска нет, т.е. он равен нулю.

Таким образом, можно выделить следующие основные черты риска:

- противоречивость;
- неопределенность;
- случайность.

Казалось бы, что реинжиниринг действительно связан с высоким риском. Однако при более детальном рассмотрении этого понятия становится очевидным, что риск такого проекта минимален. Реинжиниринг, действительно, часто не достигает своих целей, но он не связан с большим риском. В этом заявлении нет никакого противоречия.

Данную точку зрения доказывают основатели реинжиниринга М. Хаммер и Д. Чампи. Они предлагают рассмотреть разницу в риске между рулеткой и шахматами. Рулетка – игра с большим риском, а шахматы – нет, хотя частота проигрыша в обеих играх может быть одинаковой. В рулетке основную роль играет случай: сделав ставки, игроки уже не могут повлиять на исход игры; а в шахматах нет случайностей, здесь выигрывает лучший, а проигрыш является результатом недостаточных способностей и слабой стратегии. Реинжиниринг подобен шахматам. Ключ к успеху в знаниях и способностях, а не в удаче. Если вы знаете правила и избегаете ошибок, вероятность

успеха чрезвычайно высока. Более того, в реинжиниринге постоянно совершаются одни и те же ошибки, поэтому первый шаг к успеху узнать о них и научиться их избегать [2].

Одной из таких ошибок является отсутствие должного внимания к такому ключевому фактору успеха в реинжиниринге как лидерство.

По данным исследований компании McKinsey, более 70% неудач при проведении крупных корпоративных преобразований объясняются поведением людей. Недостаточно усовершенствовать бизнес-процессы, структуру или стратегию компании – нужно изменить условия, которые определяют повседневное поведение персонала [3].

М. Хаммер говорил о том, что самая озадачивающая, раздражающая, расстраивающая и непонятная часть управления бизнес-процессами – это люди. Можно выработать лучшие процессы и системы Business Process Management (BPM), но, если работники откажутся применять их или будут пользоваться ими неправильно, проект не будет успешен.

Причины, которые мешают компании сдвинуться с мертвой точки в процессе реинжиниринга, могут быть самыми разными. Здесь и помехи со стороны корпоративной культуры, игнорирование ценностей и убеждений людей, некомпетентность лидера, проводящего реинжиниринг, отсутствие приоритетности реинжиниринга, отступление в связи с сопротивлением сотрудников, неэффективные критерии их оценки и продвижения, и многое другое.

Начиная реинжиниринг бизнес-процессов, следует получить ответы на следующие ключевые вопросы:

- как убедить работников в необходимости реформ?
- насколько система стимулирования соответствует концепции преобразований?

Реинжиниринг проводят не компании, а люди. М. Хаммер и Д. Чампи выделили следующие роли сотрудников в проведении реинжиниринга компании:

- лидер;
- руководитель процесса;
- команда по реинжинирингу;
- организационный комитет;
- начальник штаба.

Лидер назначает руководителя процесса, а тот собирает команду, которая проводит реинжиниринг процесса с помощью начальника штаба и при содействии организационного комитета.

В данном случае нас интересует лидер проекта, так как именно он отвечает за мотивацию всей команды по реинжинирингу. Это человек, который имеет достаточное влияние, чтобы заставить компанию вывернуться наизнанку и встать с ног на голову, если потребуется. Обычно этих людей не назначают на роль лидера: они вызываются и назначают себя сами. Лидеры должны создавать условия, способствующие реинжинирингу. Одних лозунгов недостаточно: любой разумный сотрудник корпорации с опаской отнесется к призывам нарушать правила, бросать вызов общепринятым представлениям и нестандартно мыслить.

Представив себе, какой должна быть организация, лидер внушает всем сотрудникам компании целеустремленность и понимание миссии. Убеждения и энтузиазм лидера дают организации духовную энергию для путешествия в неизведанное. Это не тот, кто заставляет других выполнять его желания, а тот, кто заставляет сотрудников захотеть того же, что и он.

Лидер реинжиниринга может продемонстрировать свое лидерство с помощью сигналов, символов и систем.

Сигналы – это четкие сообщения лидера о реинжиниринге для организации: его значение, почему мы им занимаемся, как мы к нему приступим, и что потребуется.



Символы – это подкрепляющие содержание сигналов действия лидера, призванные показать, что он следует собственным словам.

Лидеру следует создать такую систему управления, которая должна измерять и вознаграждать эффективность таким образом, чтобы сотрудники стремились к значительным изменениям. Если нововведение оказывается неудачным, и новатора наказывают, попыток новаторства больше не будет.

При рассмотрении лидера в качестве движущей силы организационных изменений и создателя уникального пространства для успешного управления коллективным интеллектом (коллективным гением) была разработана концепция, в основе которой лежит понимание лидера как архитектора, создающего среду, способствующую реинжинирингу.

В отличие от точки зрения большинства людей, данная концепция не рассматривает лидера как героя, занимающегося исключительно тем, что он произносит чувственные, вдохновляющие толпу, речи, и появляется в последнюю минуту, чтобы всех спасти в критической ситуации. Роль лидера заключается в проектировании рабочей среды, пространства, в котором люди могли бы свободно генерировать идеи, самостоятельно принимать решения, реализовывать себя, находить и проявлять свои таланты, наиболее эффективным образом взаимодействовать друг с другом, образуя коллективный интеллект.

В связи с этим лидер выступает в роли создателя этого пространства, социального архитектора. Пространство должно включать в себя следующие элементы:

- место;
- творчество;
- ценности;
- цели;
- структура;
- обучение;
- система показателей эффективности;
- вознаграждение и продвижение.

**Место.** Чтобы функционировать как команда, ее члены должны работать сообща в одном месте. Большинство компаний при проектировании помещений упускают из виду возможность совместной работы и не располагают большими помещениями, пригодными для работы команды в течение длительного периода времени. Это может создать серьезные препятствия прогрессу в работе реинженеринговой команды.

**Творчество.** Реинженеринг включает в себя изобретение и открытие, творчество и синтезирование, поэтому реинженеринговая команда должна чувствовать себя комфортно в условиях неопределенности. Члены команды должны понимать, что они будут совершать ошибки и учиться на них. Люди, не способные работать подобным образом, не должны включаться в команду. Реинженеринг требует, чтобы команда проходила через процесс повторяющегося обучения, по мере того, как она открывает новый способ выполнения работы. Члены реинженеринговой команды должны забыть традиционный стиль решения проблем, что может означать для некоторых из них непростой путь адаптации.

**Ценности.** Архитектор должен мотивировать сотрудников для выполнения новых процессов, поддерживая новые ценности и убеждения. Иными словами, менеджмент должен обращать внимание на то, что происходит в сознании людей, а не только на то, что делается на их столах. Изменения, требующие нового отношения к работе, принимаются с трудом. Одних речей здесь недостаточно; новая система управления должна культивировать требуемые ценности, вознаграждая людей за поведение, в котором они проявляются. Преобладающие культурные характеристики компании могут помешать реинжинирингу или даже подавить его в зародыше. Например,

организации, предубежденные против конфликтов, неохотно бросают вызов устоявшимся правилам. Таким образом, обязанность архитектора предвидеть и преодолевать подобные препятствия.

**Цели.** Чтобы вдохновить людей, архитектору необходимо правильно сформулировать цели. «Выложите по полной, поднимитесь до звезд, сделайте все возможное, чтобы процесс стал максимально дешевым, быстрым и хорошим!» – подобная тактика не сработает. Дело в том, что люди очень боятся вносить коренные изменения в рабочий процесс. Ведь для этого нужно отказаться от привычных представлений, заставить себя мыслить нестандартно и изучить множество возможных вариантов развития событий. В этой ситуации архитектору необходимо поднять планку как можно выше, но при этом четко определить значения показателей, которые необходимо достичь. Пусть даже на первый взгляд эти цели покажутся вашим работникам заоблачными и недостижимыми. Только поставив завышенные цели, вы заставите людей включить мозги и найти такой выход из ситуации, до которого они иначе бы никогда не додумались. Необходимо, чтобы люди понимали логику вашего решения и верили в осуществимость задуманного.

**Структура.** Сегодня компании состоят из функциональных «шахт», или «дымоходов», – вертикальных структур, построенных на узких отрезках процесса. Классические структуры со специализацией работы и фрагментацией процессов поддерживают существующее положение вещей, подавляя новаторство и творчество в организации. Если у сотрудника функционального отдела появляется новая идея – например, лучший способ выполнения заказов, – он сначала должен убедить в ее необходимости начальника, а тот – своего начальника, и так далее вверх по иерархии. Чтобы идея была принята, с ней должны согласиться все звенья этой цепочки, а убить ее может один-единственный отказ.

**Обучение.** Самосовершенствование и обучение должны являться образом мышления и личностными установками всех руководителей и сотрудников – готовность к самопроверке и самокритике, и горячее стремление к совершенствованию. Трудовые задания все чаще подразумевают профессиональный рост и обучение тех, кто их осуществляет. В рамках процессной команды индивидуальное развитие работника означает не карбканье по ступеням иерархической лестницы, а увеличение потенциала отдельного человека, т.е. обучение с целью принятия на себя выполнения более значительной части процесса.

**Система показателей эффективности.** Хорошая система показателей не только направляет усилия по перестройке процессов в нужное русло, но еще и влияет на поведение сотрудников. Нельзя допускать ситуацию, при которой для оценки эффективности каждый менеджер использует свои показатели. Например, сотрудники производственного отдела стараются достичь высоких значений по показателю своевременной отгрузки продукции, а работники отдела продаж стремятся к увеличению выручки. В итоге сотрудники отдела продаж охотно принимают заказы, которые производственный отдел не может вовремя выполнить. И что еще хуже, ни те, ни другие даже не задумываются о том, приносит ли их деятельность доход компании. Решением этой проблемы может быть внедрение сквозных процессов и соответствующих показателей эффективности.

**Вознаграждение и продвижение.** Подходящим вознаграждением за хорошо выполненную работу являются премиальные, а не перевод на другую должность. Архитектор должен четко провести границу между карьерным продвижением и эффективностью: повышение в должности зависит от способностей, а не от эффективности. Продвижение по службе – это изменение, а не вознаграждение. По преимуществу компании рассуждают так: «Если Екатерина хороший химик, то она сможет хорошо управлять другими химиками». Но это часто не так, и продвижение

Екатерины может лишить компанию хорошего химика и дать взамен плохого менеджера.

Реинжиниринг бизнес-процессов компании меняет практически все, поскольку все аспекты ее функционирования связаны друг с другом. Меняются трудовые задания, равно как и выполняющие их люди, отношения между этими людьми и менеджерами, планы карьер этих людей, способы, с помощью которых труд людей оценивается и оплачивается, роли менеджеров и руководителей, и даже то, что происходит в головах работников.

Работа посвящена значению лидерства во всех этих изменениях, потому что именно лидер выступает в роли архитектора и связывает все эти аспекты в едином пространстве, создавая уникальную рабочую среду, позволяющую людям вместе меняться к лучшему.

### Литература

1. Воронцовский В.А. Управление рисками: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры. – М.: Юрайт, 2016. – 414 с.
2. Хаммер М., Чампи Дж. Реинжиниринг корпорации: манифест революции в бизнесе: перевод с английского / Пер. Ю. Корнилович. – 3-е изд. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2010. – 274 с.
3. Блинов А.О., Рудакова О.С., Захаров В.Я., Захаров И.В. Реинжиниринг бизнес-процессов: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям экономики и управления / Под ред. А.О. Блинова. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2010. – 343 с.

УДК 004.93'11

#### АЛГОРИТМ ТРЕКИНГА БИОМЕТРИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫХ ТОЧЕК ЛИЦА НА ВИДЕО ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Баландин М.А.<sup>1</sup>

Научный руководитель – к.т.н. Кудашев О.Ю.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

**Целью работы** стали исследования и разработка алгоритма трекинга биометрически значимых точек лица на видео для мобильных устройств. В работе приведен обзор существующих подходов, описан и протестирован алгоритм отслеживания целевых точек лица на основе регрессии локальных бинарных признаков. Описан и протестирован алгоритм оценки качества разметки и отслеживания характеристических точек лица на видео.

**Ключевые слова:** локальные бинарные признаки, каскад регрессий, биометрически значимые точки, отслеживание, трекинг.

На тему отслеживания характеристических точек лица есть немало публикаций, но их сложно сравнивать между собой, так как в открытом доступе очень мало баз с покадровой разметкой всех 68-ми характеристических точек лица. Одной из таких баз является база 300 Videos in the Wild (300-VW) [1]. Тестового набора данных нет в публичном доступе, но создатели могут протестировать присланный алгоритм и выслать результаты. Далее будут рассмотрены алгоритмы, адаптированные для отслеживания характеристических точек лица на видео.

Метод пространственно-временного каскада регрессии формы (Spatio-Temporal Cascade Shape Regression, STCSR) основан на получении ориентации в пространстве лица диктора из предыдущего кадра [2].

После детектирования точек из формы лица извлекаются параметры расположения лица относительно камеры. Затем полученные данные используются для

модификации средней формы лица, которая служит исходным положением характеристических точек для алгоритма детектирования характеристических точек лица в следующем кадре.

Выбор средней модифицированной формы лица в качестве стартовой формы, а не расположение точек предыдущего кадра, обусловлен защитой от возможного шума на изображении и попаданием в ошибочные локальные оптимумы для функций извлечения признаков.

Второй рассмотренный метод – метод детектирования характеристических точек лица с помощью прогрессивной инициализации (Facial Landmark Detection via Progressive Initialization, FLD-PI) [3]. Структура данного подхода состоит из трех этапов. На каждом этапе происходит изменение средней формы с уточнением местоположение целевых точек. Важным отличием является то, что все точки ищутся не сразу, а их количество увеличивается на каждом этапе. При этом начальное положение уточняется исходя из положения более легко определяемых точек.

Постепенно проходят обучение три регрессора, которые определяют формы 5, 19 и 68 точек. В первую очередь прогнозируется положение 5-ти точек с сильными характеристиками: углы рта, внешние уголки глаз и кончик носа. Полученное расположение этих 5-ти точек используется для выбора начального положения 19-ти характеристических точек из сформированного во время обучения множества начальных форм. Аналогичным образом определяется исходное положение 68-ми характеристических точек лица, исходя из положения 19-ти точек, полученного на предыдущем этапе.

В режиме трекинга алгоритм не использует информацию о положении характеристических точек на предыдущем кадре, а используется только окно сканирования. После работы каждого алгоритма поиска характеристических точек размер и положение окна сканирования уточняются и, при необходимости, сдвигаются, либо масштабируются. Это позволяет избегать ситуации, когда положение лица выходит за рамки сканирования, и повысить шанс верного предсказания положения точек при работе более ресурсозатратных регрессоров.

Еще один подход к решению задачи отслеживания – метод ограниченных локальных моделей с вариативной инициализацией (Multi-View Constrained Local Models, MV-CLM) [4].

Для детектирования характеристических точек лица используется алгоритм CLM. При этом его обучение и работа имеют ряд отличий. В предложенном алгоритме используется один регрессор положения точек, но шаблоны признаков используются в зависимости от положения лица на изображении.

Тренировочный набор данных разбит на 5 групп с ориентацией лиц относительно камеры: лица с фронтальным положением, лица, повернутые влево, вправо, вверх и вниз. На каждом из массива данных формируются свои признаки.

В режиме отслеживания положения точек на видео выбор набора признаков определяется исходя из разметки на предыдущем кадре. Алгоритм определяет, к какой из 5-ти средних форм ближе всего полученная форма точек, после чего соответствующая средняя форма и признаки подаются в качестве входных параметров общему для всех групп регрессору.

Так как стандартная реализация алгоритма CLM относительно медленная, за счет долгого вычисления признаков, разбиение всех возможных вариантов на 5 групп позволяет сократить их размер, тем самым ускорить работу алгоритма за счет увеличения занимаемого объема на жестком диске.

Так как алгоритм потенциально будет работать в условиях ограниченных ресурсов, выбор был сделан в пользу быстроедейственных методов, с которыми автор имел опыт работы – регрессионные алгоритмы машинного обучения. В качестве признаков, по которым будет осуществляться обучение алгоритма и дальнейшее

тестирование, были выбраны локальные бинарные признаки [5], так как они имеют высокую эффективность и скорость работы.

Для решения задачи трекинга была использована информация о двух предыдущих кадрах, для предсказания положения на следующем кадре.

Смещения окна происходит исходя из положения окна предыдущего кадра и разницы положения окон двух последних кадров. В общем виде определение основных параметров предполагаемого окна сканирования можно выразить системой уравнений:

$$w'_n = w_{n-1} \frac{w_{n-1}}{w_{n-2}}, \quad (1)$$

$$h'_n = h_{n-1} \frac{h_{n-1}}{h_{n-2}}, \quad (2)$$

$$x'_n = x_{n-1} + (x_{n-1} - x_{n-2}) - \frac{(w'_n - w_{n-1})}{2}, \quad (3)$$

$$y'_n = y_{n-1} + (y_{n-1} - y_{n-2}) - \frac{(h'_n - h_{n-1})}{2}, \quad (4)$$

где  $w$  – является шириной;  $h$  – высотой окна сканирования, а  $x$  и  $y$  – координаты левого верхнего угла.

После того, как получено предположительное нахождение отслеживаемого лица, данные об окне сканирования передаются алгоритму определения положения характеристических точек. Инициализация алгоритма начинается со средней формы лица. После того, как определено их положение, обрабатывает классификатор корректности. В случае если качество полученного результата в рамках допустимого предела, корректируется окно сканирования исходя из полученной разметки с помощью системы уравнений:

$$w_n = w_{n-1} \frac{d(l_{n,37}, l_{n,46})}{d(l_{n-1,37}, l_{n-1,46})}, \quad (5)$$

$$h_n = h_{n-1} \frac{d(l_{n,28}, l_{n,58})}{d(l_{n-1,28}, l_{n-1,58})}, \quad (6)$$

$$x_n = l_{n-1,31,x} - \frac{1}{2} w_n, \quad (7)$$

$$y_n = l_{n-1,31,y} - \frac{2}{3} h_n, \quad (8)$$

где  $d(l_{n,37}, l_{n,46})$  – расстояние между внешними уголками глаз;  $d(l_{n,28}, l_{n,58})$  – расстояние между верхней определяемой точкой носа (расположена примерно между глаз) и центром внешней границы нижней губы.

Такое изменение координат окна сканирования смещает его так, что разметка окажется в центре. Это позволит компенсировать возможную ошибку, связанную с предсказанием движения диктора и смещением окна в предполагаемую сторону, тем самым скорректировать положение окна для трекинга на следующих кадрах.

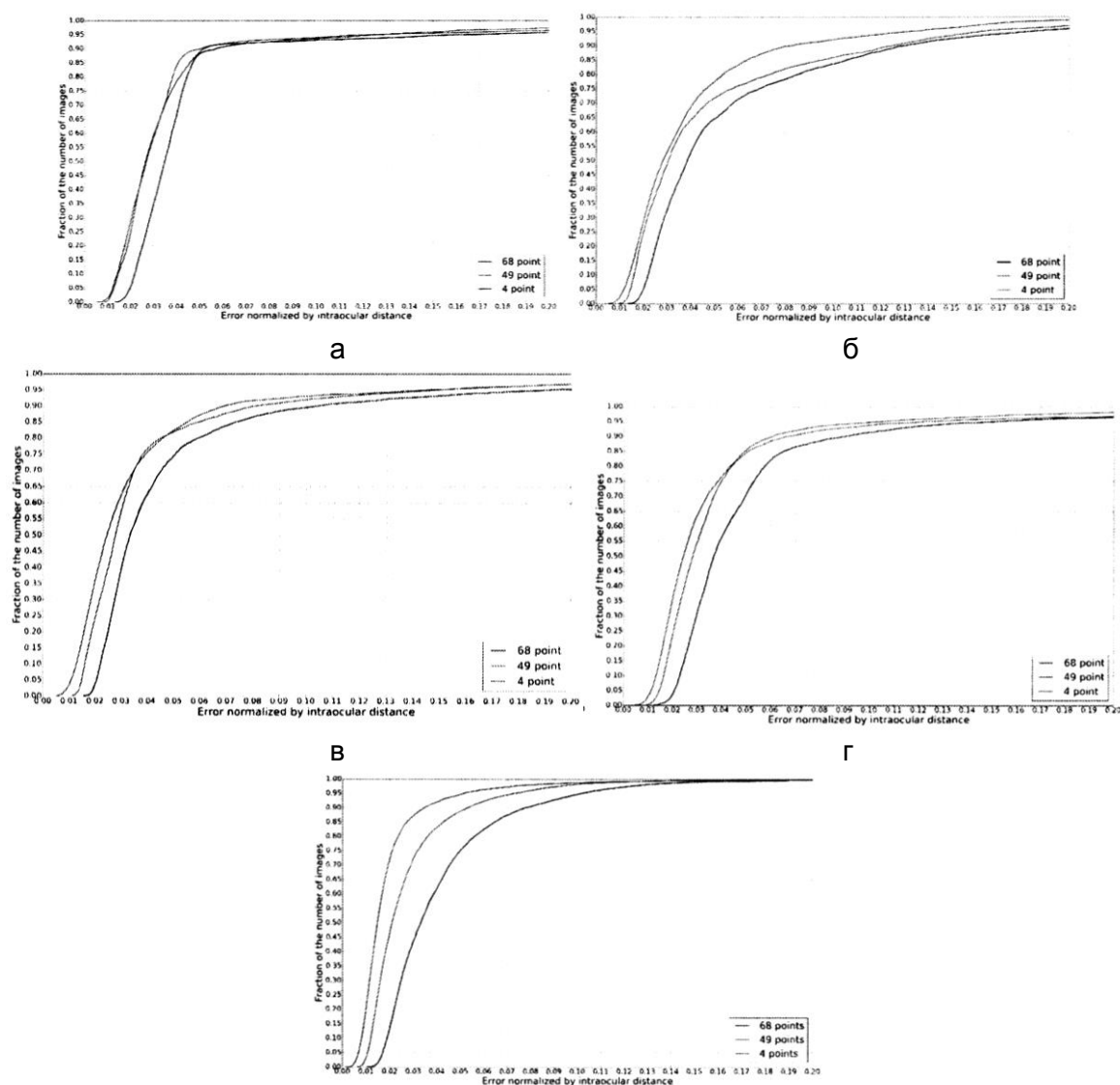
В случае если классификатор корректности положения характеристических точек оценивает разметку как некорректную, запускается детектор лиц, и находит реальное положение лица.

Для проведения эксперимента были использованы две базы данных. Первая сформирована из открытой базы 300-VW, которая была разбита на четыре группы, по приближенности к сценарию верификации пользователя. Вторая база данных ЦРТ (STC-video) состоит из 100 видеозаписей длиной 3–5 с, снятых на фронтальную камеру различных мобильных устройств.

На рисунке представлены графики совокупного коэффициента ошибки (Cumulative Error Rate, CER) для четырех групп по трем метрикам сравнения для базы 300-VW и STC-video, в качестве идеальной разметки использовалась разметка, полученная детектором при покадровом детектировании. На обеих базах результаты подтверждают общий тренд увеличения точности и уменьшение отклонения при уменьшении количества точек. На всех группах базы 300-VW отклонение от среднего значения очень мало (таблица), это свидетельствует о схожести качества работы алгоритма с покадровым детектированием лица и работой в режиме трекинга.

Таблица. Результаты тестирования трекера на базе 300-VW и STC-video

Тестовая база данных	Ошибка для 68-ми точек (%)	Ошибка для 49-ми точек (%)	Ошибка для 4-х точек (%)
300-VW 1	2,97	2,49	2,32
300-VW 2	3,5	2,98	2,51
300-VW 3	3,82	3,01	2,89
300-VW 4	4,93	4,27	3,91
STC-Video	4,2	2,8	2,0



Д

Рисунок. CER для 68-ми, 49-ти и 4-х точек: для четырех групп базы 300-VW (а, б, в, г); для трех групп точек на базе STC-video (д)

Работа алгоритма в режиме отслеживания на лицах всех типов рас приблизительно одинаковая и отличается от покадрового режима на 2–3%.

Работа может быть использована для дальнейшего исследования алгоритмов отслеживания точек лица на видео. Можно выделить несколько направлений дальнейшего исследования в этой области:

- расширение обучающего набора данных представителями разных национальностей и эмоционально окрашенных изображений лиц в момент произношения речи;
- подбор оптимальных параметров для регрессора детектирования характеристических точек лица;
- обучение отдельного каскада регрессоров для режима трекинга;
- поиск и выделение наиболее показательных точек для классификатора качества разметки.

### Литература

1. Sagonas C. et al. 300 faces in-the-wild challenge: Database and results // *Image and Vision Computing*. – 2016. – V. 47. – P. 3–18.
2. Yang J. et al. Facial shape tracking via spatio-temporal cascade shape regression // *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision Workshops*. – 2015. – P. 41–49.
3. Xiao S., Yan S., Kassim A.A. Facial landmark detection via progressive initialization // *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision Workshops*. – 2015. – P. 33–40.
4. Rajamanoharan G., Cootes T.F. Multi-view constrained local models for large head angle facial tracking // *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision Workshops*. – 2015. – P. 18–25.
5. Ren S. et al. Face alignment at 3000 fps via regressing local binary features // *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. – 2014. – P. 1685–1692.

### UDK 339.138

#### AN OVERVIEW OF NEW TENDENCIES IN BRANDING

Balykina M.V.<sup>1</sup>, Sazanovich I.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ITMO University

The paper forecasts future trends in branding, which will soon affect business. The factors influencing branding were identified in the field and desk research. The paper considers possible variants of branding development due to the affecting factors. The authors have given some practical advice to brand managers for the companies to remain competitive in the changing contemporary market.

**Key words:** branding, marketing, brand, innovations, future branding, debranding, innovation marketing, commercialization, brand innovation.

Commercialization of innovations is a crucial moment for business. Strategy of business development in Russia aims at the growth of mechanisms assisting success of the goods launching into domestic and international markets. Therefore, these days scientific or applied articles on various marketing tools are especially relevant.

This article focuses on branding as no one doubts the importance and significance of branding to success of a company. According to the report by Brand Finance, investing in company shares occupying the upper lines in the top brands rating is more than 2 times profitable than the average for S&P-500 (Fig. 1) [1].



Fig. 1. Long term value growth of highly branded companies and S&P average

Marketing theory and views on business processes are constantly changing, and it is logical to clarify what might happen with branding in future, whether it will play a key role or give way to other methods of market promotion. Therefore, we aim to review new trends in branding. This study is relevant to the companies to anticipate changes in product development, society and market and to succeed in business.

To forecast branding development we need to find out the factors affecting it. Desk and field research have been conducted. Competition level and consumer access to information have been identified as two most significant aspects which determine the necessity of branding. We have considered each factor, its current state and projected development.

Globalization processes and elimination of national boundaries have greatly increased competition throughout the markets. The higher the competition, the greater is the need for product differentiation in customers' minds.

On the one hand, this leads to the increasing influence of brands. Companies should put more efforts to sell their products. Branding is becoming more customer-oriented. With the advent of modern technologies, it is possible to make personal profile of each customer (includes demographic, geographic, and psychographic characteristics) and offer a unique product or service for their needs. For example, the Tesco food retailer has created 80 000 different variants of mailing templates depending on customers' previous purchases. It makes company-customer relations more personalized. This trend will only increase and brands will be more customized.

Some managers note the growing tendency of co-branding to confront rivals [2]. BMW & Louis Vuitton created a special series of bags that suit and match certain car models. There are affiliate programs of banks and stores, where you can pay with card points.

Globalization is opposed to the interests of local cultures that want to preserve their identity. Therefore, branded companies will need to find a compromise between global interests and local features to retain a customer [3].

On the other hand, the increased competition of brands leads to such phenomenon as inconspicuous consumption. This means that buyers are tired of choosing between wide varieties of products and make their choice based on quality without paying attention to brand names. This is typical of the high segment luxury goods. A brand ceased to be a mark of social status and is no more associated with prosperity. It is expected that this trend will soon go into the mass market [4]. This will lead to decreasing importance of the brand visual component. Branding of future must be able to attract consumers not by labels, but form and material.

A vast number of brands has come through the new process of "debranding". This does not mean brand rejection, but involves different tools to attract customers to a product. Visual component is becoming less important, but form, material and interaction are gaining value for consumers. For example, we do not have to see the logo to recognize iPhone or Ferrari. This can be easily done by shape. It is very difficult to create such a relationship and companies need



to put a lot of effort. Another aspect of debranding is a shift from a company to a person. The popularity of hand-made products and desire for artisan things confirm this hypothesis. It is predicted that we may return to such brands as "shoes by Mr. A", "Pastry shop of Mrs. B", etc.

It is worth noting, that debranding is not equal to rebranding. Rebranding deals with the existing brand. It involves changing of the brand name, logo, visuals, packaging, marketing materials and/or other defining aspects associated with this particular brand. Sometimes companies have to rebrand in reaction to the event, that is so significant, that the existing brand must be changed. For example, reactive rebranding might happen in situations of legal issues, negative publicity, competitive influence, etc. Rebranding is often a necessary measure, so we should not consider it as a growing trend.

How does information sharing affect future of branding? Recently, the number of people aware of marketing tricks has significantly increased. People can compare products online and reviews have become main reason for brand loyalty and consumer intention to purchase. Well-known and big brands put a lot of efforts to track references to their products on the Internet. Special departments have been formed to work with negative reviews and possible provocations in social networks. For example, according to The Statistics Portal, about 83 percent of B2B marketers in North America use social media content as part of their marketing tactics. Small and medium sized enterprise owners also use social media as a marketing tool, as 68 percent of American SME have profiles on social networking sites. Consumers indeed often turn to social media to feel engagement with brands. About 58.6 percent of American consumers review brands on social media about one to three times per day [5]. Therefore, we can recommend business in Russia paying more attention to responses about their product and encouraging positive customer feedback. Fig. 2 demonstrates the importance of the reviews about the company online.

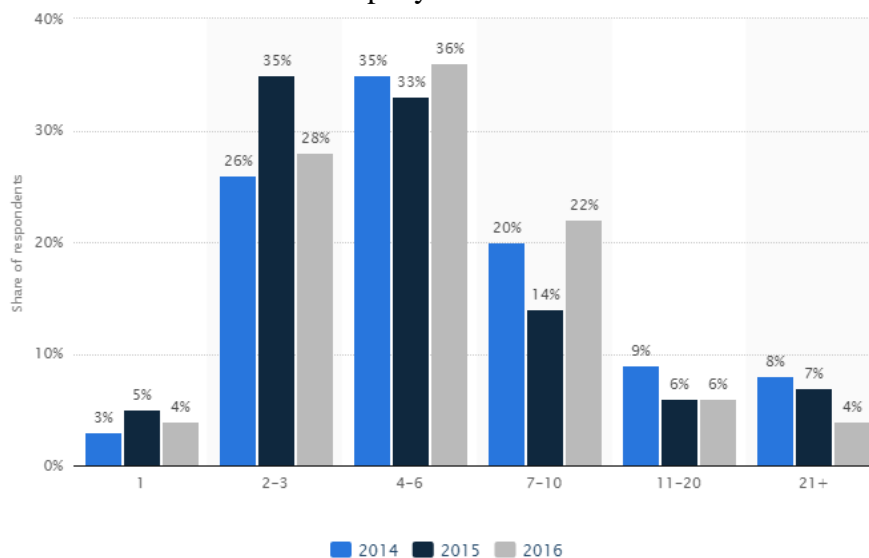


Fig. 2. Number of online reviews, which respondents need to read before they feel trust to business

Due to the information flow, customers stop looking at a brand just as a beautiful packing, stop enjoying motivating slogans, even if they share them. The increasing number of people pay attention not only to a product, but also to company activities, their social responsibility and transparency of business processes. Media and various non-profit organizations contribute to this trend. Branding in future should take this fact into account and focus not only on the product itself, but also on the reputation of the company.

The conducted research allows defining possible ways of branding development in the coming years. Company management should consider reformation of its branding strategy in the constantly changing social and marketing conditions to be competitive.

### References

1. Report by Brand finance [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://brandfinance.com/search/?q=report>, своб.
2. Лысова Т., Губский А. Будущее отрасли: количество брендов сохранится, а групп – уменьшится [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vedomosti.ru/business/characters/2016/02/08/627757-buduschee-otrasli>, своб.
3. Van Gelder S. A view on the future of branding [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEw iakMHslaLVAhXjCpoKHWQ0BMcQFggnMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.incitrio.com%2Fdocs%2FView\\_on\\_Future\\_of\\_Branding.pdf&usq=AFQjCNHUrg2BNxDVfg7xx1mANc45EB6yPg&cad=rjt](https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEw iakMHslaLVAhXjCpoKHWQ0BMcQFggnMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.incitrio.com%2Fdocs%2FView_on_Future_of_Branding.pdf&usq=AFQjCNHUrg2BNxDVfg7xx1mANc45EB6yPg&cad=rjt), своб.
4. Славинский С. Незаметное потребление и брендинг будущего [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://slavinsky.livejournal.com/345266.html>, своб.
5. Statista – The portal for statistics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.statista.com](http://www.statista.com), своб.

УДК 621.315.592

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РАБОЧИХ РЕЖИМОВ ФЕМТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРА ДЛЯ МИКРОСТРУКТУРИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ SiO<sub>2</sub>/Si

Большаков В.О.<sup>1</sup>, Тампер А.М.<sup>1</sup>

Научный руководитель – д.т.н., профессор Скворцов А.М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе рассмотрены процессы, протекающие при облучении фемтосекундным лазером системы SiO<sub>2</sub>/Si, такие как многофотонная ионизация, микроstructuring и микровзрыв, а также проведена серия экспериментов с целью получения микроstructures с сохранением системы SiO<sub>2</sub>/Si для изменения свойств системы.

**Ключевые слова:** фемтосекундный лазер, кремний, оксид кремния, микроstructure.

Микроstructuring поверхности монокристаллов кремния имеет важное значение в электронной технике, так как кремний является основным материалом для изготовления полупроводниковых интегральных схем.

Далее рассмотрены основные механизмы ионизации и поглощения излучения, сопровождаемые в замкнутой геометрии.

Длительность фемтосекундного импульса короче 1 пс, из-за чего многие процессы протекают в кристаллической решетке твердых тел после его воздействия.

Электроны зоны проводимости получают энергию в интенсивном коротком импульсе намного быстрее, чем передают энергию решетке [1]. В связи с этим фактический структурный ущерб (разрыв межатомных связей) возникает после переноса энергии электрон-решетка, как правило, после окончания импульса.

Также во время воздействия импульса происходит многофотонная ионизация. Многофотонная ионизация не имеет порога интенсивности и создает затравочные электроны при низких интенсивностях. Из-за многофотонной ионизации электрон приобретает энергию, достаточную чтобы возбудить другой электрон из валентной зоны в зону проводимости. Таким образом, число свободных электронов возрастает, что провоцирует эффект лавинной ионизации. Ограниченный микровзрыв, индуцированный ультракоротким лазерным импульсом, происходит после окончания импульса [2].

Гидродинамическое движение атомов и ионов начинается, когда электроны передают свою энергию ионам. Этот процесс завершается за несколько пикосекунд. Однако следует отметить, что время передачи энергии кулоновскими столкновениями увеличивается пропорционально электронной температуре. Таким образом, плазма, занимающая небольшой объем, создает микровзрыв, чем выше поглощенная энергия, тем дольше время, которое проходит до начала гидродинамического движения. Высокое давление создает ударную волну, распространяющуюся от области поглощения энергии к окружающему холодному материалу [2].

Ударная волна, распространяющаяся в холодном материале, теряет свою энергию из-за диссипации (переход части энергии упорядоченных процессов (кинетической энергии движущегося тела, энергии электрического тока и т.п.) в энергию неупорядоченных процессов, в конечном счете – в теплоту). Расстояние, при котором ударная волна эффективно останавливается, определяет зону воздействия удара.

Довольно хорошо исследованы механизмы возникновения (формирования) периодических поверхностных структур, индуцированных лазерными импульсами в диапазоне длительностей от  $10^{-3}$  до  $10^{-11}$  с, т.е. когда длительность импульсов существенно больше характерных времен электрон-фононной релаксации для облучаемого материала. В подобных случаях модуляция рельефа образуется в процессе поглощения лазерного импульса и обычно сохраняется после его прекращения. Периоды и ориентации рельефа значительно зависят от характеристик лазерного излучения – угла падения  $\theta$ , поляризации, частоты, энергии импульса, длины волны. В соответствии с неоднократно подтвердившейся опытным путем интерференционной моделью процесс образования периодической структуры схематически можно представить следующим образом [3].

Процесс начинается с возникновения периодически модулированного интерференционного светового поля в пространстве вблизи поверхности. Причина его возникновения – интерференция падающей световой волны с волной, и поверхностной электромагнитной волной. Возникновение поверхностной электромагнитной волны обеспечивают возбужденные плазмон-поляритоны.

Морфология поверхностного полученного слоя зависит только от поляризации фемтосекундного лазера, направление кремниевых полос перпендикулярно поляризации излучения. Период образующейся решетки в случае нормального падения излучения на поверхность образца в условиях слабого поглощения [4]:

$$A = \gamma \lambda (e - 1) / e,$$

где  $\gamma$  – длина волны лазерного излучения;  $e$  – диэлектрическая проницаемость вещества в процессе абляции.

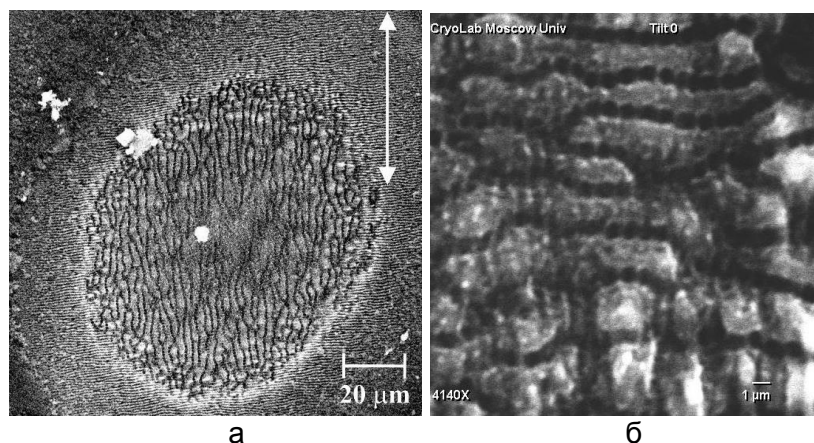


Рис. 1. Изображения с помощью растрового электронного микроскопа поверхности кремния, облученного серией фемтосекундных импульсов (а); фрагмент облученного участка за пределами центрального пятна (б)

В работе [5] было установлено, что при облучении кристаллов кремния относительно небольшим числом ультракоротких импульсов на поверхности кремния формируются структуры, перпендикулярные вектору поляризации лазерного излучения (рис. 1, а). Однако при увеличении числа таких импульсов или плотности мощности излучения на периферийных участках пятна может произойти поворот структур на  $90^\circ$  относительно вектора поляризации лазерного излучения (рис. 1, б).

Для облучения фемтосекундными лазерными импульсами использовался фемтосекундный лазерный комплекс, состоящий из задающего лазера на TiF и регенеративного усилителя. Также в состав комплекса входит сканирующий автокоррелятор AVESTA AA-10DD, с помощью которого осуществляется управление длительностью импульса (10–6000 фс) и длиной волны излучения (700–1300 нм), одноимпульсный фемтосекундный автокоррелятор AVESTA, спектрометр AVESTA ASP-100MF, работающий в спектральном диапазоне 190–1100 нм, и фотодиод AVESTA APDS. Ослабление мощности лазерного импульса осуществлялось с помощью дифракционного ослабителя, перемещения облучаемого образца осуществлялось с помощью предметного столика, приводящегося в движение шаговыми двигателями.

Данный лазерный комплекс широко применяется при исследовании различных физических процессов. В настоящей работе были получены импульсы длиной волны 800 нм, энергия импульса 1,5 мДж, длительность импульса 60 фс, частота следования импульсов 10 Гц.

Для плотностей энергий:  $1428 \text{ мДж/см}^2$ ,  $476 \text{ мДж/см}^2$ ,  $238 \text{ мДж/см}^2$  наблюдалось разрушение слоя оксида кремния. Это видно на снимках с микроскопа (рис. 2). Также видны оторванные куски системы  $\text{SiO}_2/\text{Si}$  неправильной угловатой формы.

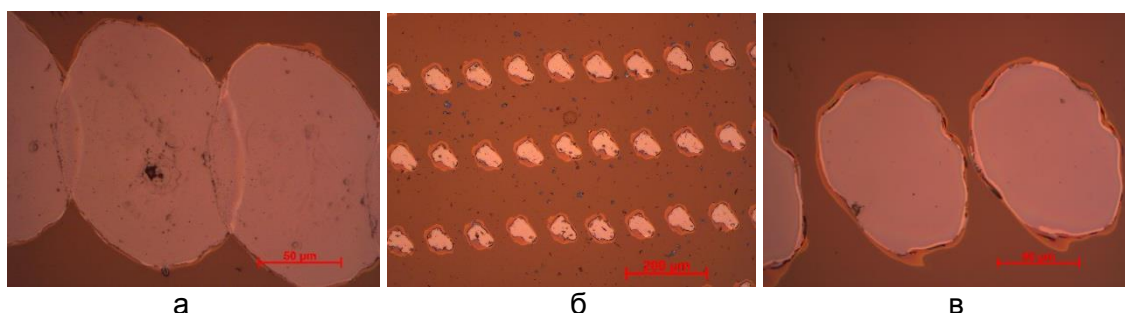


Рис. 2. Микрофотография поверхности заготовки, облученной при плотности энергии лазера:  $1428 \text{ мДж/см}^2$  (а);  $476 \text{ мДж/см}^2$  (б);  $238 \text{ мДж/см}^2$  (в)

Также заметно сильное увеличение числа и плотности расположения осколков оксида кремния при плотности энергии  $238 \text{ мДж/см}^2$ , что свидетельствует о сильном изменении энергии силы, срывающей слой оксида кремния.

При плотности энергии  $476 \text{ мДж/см}^2$  заметно, что вокруг области, где сорван слой оксида кремния, наблюдается осветленная область кремния, переходящая местами в серебристый цвет. При плотности энергии  $238 \text{ мДж/см}^2$  данная морфология становится более сильно развитой и лучше видна.

При облучении кремния происходит в конце импульса сильный нагрев, вызывающий расширения кремния. Однако оксид кремния прозрачен для данного лазерного излучения, и поэтому не испытывает прямого влияния от него. В результате происходит расширение кремния, при этом слой оксида кремния, по сути, остается по большей части холодным, в результате происходит отрыв слоя оксида кремния. Более светлые области кремния и являются продуктом процесса, описанного ранее, слой оксида кремния был оторван от подложки, но при этом температурного расширения не хватило для полного отрыва.

Также при облучении происходит ионизация, данный процесс создает слой плазмы, который создает микровзрыв. На снимках с микроскопа при энергиях

476 мДж/см<sup>2</sup> и 238 мДж/см<sup>2</sup> видны потеки и следы расплава оксида кремния серебристого цвета вокруг места отрыва слоя оксида кремния. Что свидетельствует о сильном температурном воздействии на оксид. Это означает, что произошел микровзрыв, который внес вклад в отрывание слоя оксида кремния от подложки.

Область разрушения оксида кремния уменьшается при уменьшении плотности энергии. Размер пятна соответствует диаметру пятна облучения при плотности энергии 1428 мДж/см<sup>2</sup>, при 476 мДж/см<sup>2</sup> немного уменьшается, при 238 мДж/см<sup>2</sup> составляет половину диаметра пятна облучения.

Зона, где происходит микровзрыв, уменьшается быстрее с уменьшением энергии, чем область, где происходит термическое расширение. Это говорит о том, что энергии для ионизации требуется больше, чем для температурного расширения.

На рис. 3, а, представлен снимок поверхности, подвергшейся многоимпульсному воздействию фемтосекундного лазера плотности энергии 1428 мДж/см<sup>2</sup>, количество импульсов 30. В результате произошло в области воздействия разрушение кремния, а также из-за процесса рекристаллизации и абляции образовались микроконусы.

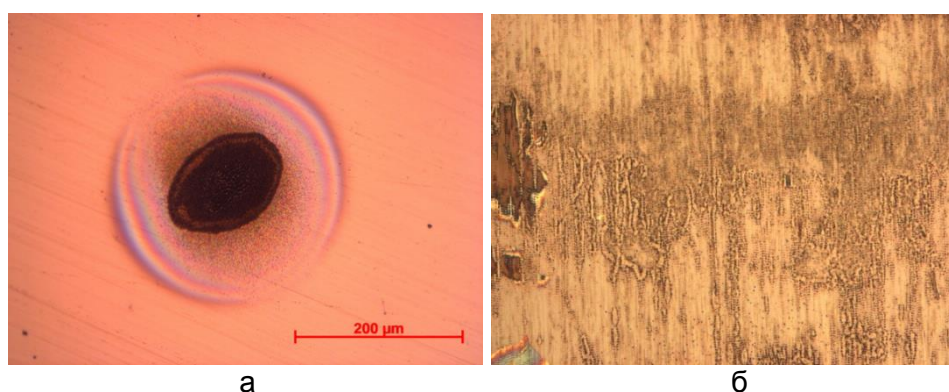


Рис. 3. Микрофотографии поверхности образца: облученного при плотности энергии лазера 1428 мДж/см<sup>2</sup>, количество импульсов 30 (а); с толщиной оксида 60 нм, облученного при плотности энергии лазера 250 мДж/см<sup>2</sup> (б)

При облучении с плотностью энергии 166,6 мДж/см<sup>2</sup> видимых структурных изменений не было обнаружено.

При энергии 250 мДж/см<sup>2</sup> получилась микроструктура с сохранением слоя оксида кремния (рис. 3, б). Период полученной структуры около 580 нм. Неоднородность структуры вызвана непостоянством энергии лазера, что вызывает ослабление микроструктуры до ее исчезновения, так и отрыв слоя оксида кремния. Направление полос зависит от направления поляризации света, так как при изменении направления облучения, положение полос микроструктуры относительно пятна лазерного излучения сохраняется. Отрыв кремния не произошел, так как энергия в центре пятна стала меньше из-за увеличения размера.

В результате проведенных исследований была получена микроструктура с разрушением слоя оксида кремния при плотности энергии лазера 1428 мДж/см<sup>2</sup> и количестве импульсов 30 при частоте 10 Гц. Также при энергии 468 мДж/см<sup>2</sup> была получена микроструктура на поверхности кремния, с толщиной оксида 60 нм и 800 нм. Для дальнейшего исследования механизмов протекания и взаимодействия процессов во время облучения фемтосекундным лазером необходимо использование сложных методик наблюдения и точного оборудования.

### Литература

1. Rapp L., Haberl B., Bradby J.E. Confined micro-explosion induced by ultrashort laser pulse at SiO<sub>2</sub>/Si interface // Applied Physics A. – 2013. – № 114. – P. 33–43.

2. Zel'dovich Y.B., Raizer Y.P. Physics of shock waves and hightemperature hydrodynamic phenomena // *Journal of Fluid Mechanics*. – 2003. – V. 475. – P. 409–412.
3. Заботнов С.В., Ежов А.А., Головань Л.А., Ластовкина М.А., Панов В.И., Тимошенко В.Ю., Кашкаров П.К. Формирование наночастиц на поверхности кремния под действием фемтосекундных лазерных импульсов // *Физика и техника полупроводников*. – 2007. – № 8. – С. 1017–1020.
4. Young J.F., Sipe I.E., van Driel H.M. Laser-induced periodic surface structure. III. Fluence regimes, the role of feedback, and details of the induced topography in germanium // *Phys. Rev. B*. – 1984. – V. 30. – P. 2002.
5. Марциновский Г.А., Шандыбина Г.Д., Дементьева Ю.С., Дюкин Р.В., Заботнов С.В., Головань Л.А., Кашкаров П.К. Возбуждение поверхностных электромагнитных волн в полупроводниках при фемтосекундном лазерном воздействии // *Физика и техника полупроводников*. – 2009. – Т. 43. – С. 1339–1345.

**УДК 004.94**

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СРЕДСТВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ ПО ПОДДЕРЖКЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

**Васильцов О.А.<sup>1</sup>**

**Научный руководитель – Осетрова И.С.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе рассмотрено понятие систем поддержки принятия решений, средства и методы их работы, а также представлена их оценка в контексте выбранной предметной области, с дальнейшей выработкой возможных решений для будущей системы.

**Ключевые слова:** сравнительный анализ, системы, поддержка, методы, решения.

В современном мире технологии дошли до такого уровня развития, что позволяют начать решать проблемы, которые ранее казались невыполнимыми. В определенных условиях, зачастую при ограниченном временном ресурсе, встает сложная проблема выбора. Осуществленный выбор приведет к череде событий с определенными последствиями. В данном случае на помощь могут прийти системы поддержки принятия решений, разработанные в результате слияния сфер информационных систем и систем управления базами данных. Их целью является полный и объективный анализ предметной деятельности для последующего выведения оптимальных решений. Для анализа и выработки предложений в системах поддержки принятия решений используется ряд методов, призванных в совокупности обеспечить необходимый результат: информационный поиск, интеллектуальный анализ данных (Data Mining), имитационное моделирование, искусственные нейронные сети, анализ баз данных, эволюционные вычисления, генетические алгоритмы, ситуационный анализ, когнитивное моделирование, байесовские сети. В зависимости от контекста совокупность использования определенных методов позволит получить оптимальный ряд для последующего принятия качественных решений, соответствующих критериям надежности [1–5].

В качестве предметной области выбрана область медицины, а именно подбор медицинских препаратов. Конечная система должна обеспечивать поиск подходящих препаратов по запросу пользователя, основываясь на некоторой априорной информации, с учетом всех необходимых критериев, таких как: активное вещество, противопоказания, прецеденты, рекомендации и др. Ожидается, что подобная система должна использовать совокупность различных методов. Что в дальнейшем также позволит усовершенствовать ее, сделав универсальным инструментом для большого количества областей.

Для определения возможно-подходящей совокупности методов для данной системы проведен обзор уже существующих и распространенных систем, наиболее подходящих по условиям заданной области.

Информационный поиск – процесс, направленный на поиск информации среди доступных источников, максимально удовлетворяющих критериям поиска и соответствующей теме, или содержащим полезные факты, сведения и другие данным. Этот процесс можно описать как некую последовательность, осуществляющую получение и сбор, последующую обработку и, наконец, предоставление результата.

В процессе поиска информации можно выделить четыре основных этапа:

1. цель информационного поиска – информационная потребность, которая выражается в форме информационного запроса;
2. сбор источников, а именно определение всех возможных и доступных методов для поиска информации;
3. непосредственно использование источников с последующим извлечением необходимой информации;
4. знакомство с итоговым массивом данных, его фильтрация и подведение итогов поиска.

Центральная задача информационного поиска – помочь пользователю удовлетворить его информационную потребность. Так как описать информационные потребности пользователя технически непросто, они формулируются как некоторый запрос, представляющий из себя набор ключевых слов, характеризующий то, что ищет пользователь.

Классическая задача информационного поиска, с которой началось развитие этой области, – это поиск документов, удовлетворяющих запросу, в рамках некоторой статической коллекции документов. Но список задач информационного поиска постоянно расширяется и теперь включает:

- вопросы моделирования;
- классификацию документов;
- фильтрацию документов;
- кластеризацию документов;
- проектирование архитектур поисковых систем и пользовательских интерфейсов;
- извлечение информации, в частности, аннотирования и реферирования документов;
- языки запросов и др.

Data Mining – основу данного подхода составляют различные методы для классификации, прогнозирования или моделирования, собранные на опыте использования множества алгоритмов, эволюционного программирования, нейронных сетей и нечеткой логики. К методам анализа данных также относятся статистические методы: корреляционный и регрессионный анализ, факторный анализ, дисперсионный анализ, компонентный анализ, анализ временных рядов, анализ выживаемости, анализ связей, дескриптивный анализ, дискриминантный анализ. Данные методы предполагают априорные представления об анализируемых данных, соответствующие методике работы систем поддержки принятия решений в поиске необходимой информации.

Методы Data Mining могут быть применены как для работы с большими данными, так и для обработки сравнительно малых объемов данных (полученных, например, по результатам отдельных экспериментов, либо при анализе данных о деятельности компании). В качестве критерия достаточного количества данных рассматривается как область исследования, так и применяемый алгоритм анализа. Развитие технологий баз данных сначала привело к созданию специализированного языка – языка запросов к базам данных. Для реляционных баз данных – это язык SQL, который предоставил широкие возможности для создания, изменения и извлечения хранимых данных. Затем

возникла необходимость в получении аналитической информации (например, информации о деятельности предприятия за определенный период), и тут оказалось, что традиционные реляционные базы данных, хорошо приспособленные, например, для ведения оперативного учета на предприятии, плохо приспособлены для проведения анализа. Это привело, в свою очередь, к созданию так называемых хранилищ данных, сама структура которых наилучшим способом соответствует проведению всестороннего математического анализа. Знания, добываемые методами Data Mining, принято представлять в виде закономерностей (паттернов). В качестве таких выступают:

- ассоциативные правила;
- деревья решений;
- кластеры;
- математические функции.

Алгоритмы поиска таких закономерностей находятся на пересечении областей: искусственный интеллект, математическая статистика, математическое программирование, визуализация, OLAP.

Задачи, решаемые методами Data Mining, принято разделять на описательные и предсказательные. В описательных задачах самое главное – это дать наглядное описание имеющихся скрытых закономерностей, в то время как в предсказательных задачах на первом плане стоит вопрос о предсказании для тех случаев, для которых данных еще нет.

К описательным задачам относятся:

- поиск ассоциативных правил или паттернов (образцов);
- группировка объектов, кластерный анализ;
- построение регрессионной модели.

К предсказательным задачам относятся:

- классификация объектов (для заранее заданных классов);
- регрессионный анализ, анализ временных рядов.

Также можно отметить возможность визуализации результатов анализа, позволяющую использовать инструменты для работы с Data Mining пользователям без обширных знаний в математической сфере и специальных навыков. Однако применение статистических методов анализа данных требует хорошего владения теорией вероятностей и математической статистикой.

Рассуждения на основе прецедентов – это метод для решения существующих проблем на основе уже проработанных решений. Данный метод является отличным приемом для автоматизации процесса рассуждений, он основывается на широко распространенном поведении в повседневных ситуациях, иными словами, что все рассуждения основаны на уже полученном опыте. С данным понятием прототипа работает сфера когнитивистики.

Имитационное моделирование (ситуационное моделирование) – метод, позволяющий строить модели, в которых процессы описываются так, как они проходили бы в реальности. Экспериментирование с моделью называют имитацией. Подобные модели можно симулировать во времени как для одного испытания, так и для любого определенного множества, а полученные результаты будут определяться случайным характером процессов. По этим данным можно получить достаточно устойчивую статистику.

К имитационному моделированию прибегают, когда:

- дорого или невозможно экспериментировать на реальном объекте;
- невозможно построить аналитическую модель: в системе есть время, причинные связи, последствие, нелинейности, стохастические (случайные) переменные;
- необходимо симитировать поведение системы во времени.



Цель имитационного моделирования состоит в воспроизведении поведения исследуемой системы на основе результатов анализа наиболее существенных взаимосвязей между ее элементами или другими словами – разработке симулятора исследуемой предметной области для проведения различных экспериментов.

Искусственные нейронные сети – это математические модели и их аппаратно-программные реализации, которые основаны на принципе организации функционирования биологических нейронных сетей нервных клеток живых организмов. Нейронные сети состоят из узлов или элементов, соединенных направленными связями. Связь от элемента к элементу служит для распространения активации. Кроме того, каждая связь имеет назначенный ей числовой вес, который определяет силу и знак связи. Нейронные сети не программируются в привычном смысле этого слова, они обучаются. Возможность обучения – одно из главных преимуществ нейронных сетей перед традиционными алгоритмами.

Байесовская сеть – это графовая вероятностная модель, представляющая собой множество переменных и их вероятностных зависимостей по Байесу. Например, байесовская сеть может быть использована для вычисления вероятности того, чем болен пациент по наличию или отсутствию ряда симптомов, основываясь на данных о зависимости между симптомами и болезнями. Формально, байесовская сеть – это направленный ациклический граф, каждой вершине которого соответствует случайная переменная, а дуги графа кодируют отношения условной независимости между этими переменными. Вершины могут представлять переменные любых типов, быть взвешенными параметрами, скрытыми переменными или гипотезами. Существуют эффективные методы, которые используются для вычислений и обучения байесовских сетей. Если переменные байесовской сети являются дискретными случайными величинами, то такая сеть называется дискретной байесовской сетью. Байесовские сети, которые моделируют последовательности переменных, называют динамическими байесовскими сетями. Байесовские сети, в которых могут присутствовать как дискретные переменные, так и непрерывные, называются гибридными байесовскими сетями. Байесовская сеть, в которой дуги помимо отношений условной независимости кодируют также отношения причинности, называют причинно-следственными байесовскими сетями.

Вывод. В данной работе был рассмотрен ряд методов работы различных актуальных систем по поддержке принятия решений. Наиболее подходящими, в контексте заданной задачи, можно выделить такие методы, как информационный поиск, Data Mining, нейронные сети, байесовские сети. Однако стоит отметить, что ни один метод в отдельности или совокупности не удовлетворит вычислительные потребности разрабатываемой системы, поэтому непосредственно выделение общих критериев для возможного сравнительного анализа систем не имело смысла. Возможна разработка метрической системы, которая позволит точно оценить и выделить отдельные удачные функции работы данных систем, с последующей интеграцией в разрабатываемую, но уже с уверенностью можно сказать, что будущая система потребует разработки собственного алгоритма, который позволит учитывать необходимое множество критериев и условий.

### Литература

1. Ларичев О.И., Петровский А.Б. Системы поддержки принятия решений. Современное состояние и перспективы их развития // Итоги науки и техники. Сер. Техническая кибернетика. – 1987. – Т. 21. – С. 131–164.
2. Сараев А.Д., Щербина О.А. Системный анализ и современные информационные технологии // Труды Крымской Академии наук. – 2006. – С. 47–59.

3. Терелянский П.В. Системы поддержки принятия решений. Опыт проектирования: монография. – Волгоград: ВолгГТУ, 2009. – 127 с.
4. Alter S.L. Decision support systems: current practice and continuing challenges. – Reading, Mass.: Addison-Wesley Pub., 1980.
5. Bonczek R.H., Holsapple C., Whinston A.B. Foundations of Decision Support Systems. – New York: Academic Press, 1981.

УДК 681.78

**ИССЛЕДОВАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ  
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ОРГАНИЧЕСКОГО  
ПРОИСХОЖДЕНИЯ С АНИЗОТРОПНЫМИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМИ  
ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

**Верховская Я.И.<sup>1</sup>**

**Научный руководитель – д.т.н., профессор Прокопенко В.Т.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Университет ИТМО

Проведено исследование оптических свойств полимерных композиционных материалов, таких как светопропускание, светоотражение, прозрачность, получение спектра люминесценции, методами просвечивающей спектроскопии, спектроскопии зеркального отражения и люминесцентного анализа.

**Ключевые слова:** спектр пропускания, спектр поглощения, ИК-спектроскопия, люминесцентный анализ.

Современное стремительное развитие науки, техники и технологий способствует развитию новых конкурентоспособных материалов в ближайшей перспективе. Одним из критических направлений научно-технологического развития Российской Федерации, согласно единой системе приоритетов развития, является развитие новых материалов.

В настоящее время направление химии высокомолекулярных соединений открывают новые возможности применения макромолекулярных синтезируемых материалов при изготовлении изделий и деталей не только в качестве оптических сред и материалов, но и для других областей использования.

При разработке современных функциональных полимерных материалов, а также композиций на их основе, возникает необходимость проведения исследований их оптических свойств. Получение материалов с заданными оптическими характеристиками путем синтеза, модификации и переработки позволяет не только расширить традиционные области применения в оптике, светотехнике, но и вести поиск в нетрадиционных для полимеров смежных областях [1].

**Целью работы** стала разработка методики исследования оптических свойств аморфных полимерных композиционных материалов органического происхождения с анизотропными [2] физико-механическими характеристиками.

Конечной задачей исследования стало определение таких свойств композиционных полимерных материалов как светопропускание, светоотражение, прозрачность, спектра люминесценции методами спектроскопии и люминесцентного анализа [3].

Исследование проводилось с помощью универсального видеоспектрального компаратора «Регула» 4305М/МН. Источником света возбуждения фотолюминесценции служили излучения с фильтрами источников видимой области с полосой 390–410 нм, 440–460 нм, 460–490 нм, 490–520 нм, 520–550 нм, 580–600 нм, 605–620 нм, 615–645 нм, и фильтрами камеры: ультрафиолетовый отсекающий с полосой 450–1100 нм и инфракрасный пропускающий с порогом 870 нм, 940 нм.

Регистрация результатов проводилась на специализированном, адаптированном программном обеспечении персонального компьютера с полной интеграцией в программное обеспечение «Regula Forensics Studio».

Для получения надежных результатов эталонный и исследуемый образцы находились во время анализа в совершенно одинаковых условиях (возбуждались одним источником, имели строго фиксированное расположение в установке).

Исследования проводились на образцах обработанного и необработанного балтийского сукцинита. При проведении исследования на образцах необработанного янтаря, имеющих с одной стороны механический срез, результаты показали, что интенсивность и характер свечения был не идентичен. Наблюдались отличия по цвету свечения и их интенсивности (рисунок). На срезе образца наблюдалось характерное свечение желтого цвета и частично синего по краям (рисунок, а), в то время как на обратной необработанной стороне интенсивное свечение – синего, зеленоватого, бледно желтого цвета (рисунок, б). На срезе образца янтаря наблюдался отчетливый окисный слой со свечением синего цвета (рисунок, а), цвет которого наблюдается и на необработанной стороне (рисунок, б), распространенный по поверхности с разной интенсивностью, в то время как интенсивность желтого цвета уменьшилась до бледно-желтого, почти белого. Зеленоватый оттенок свечения служит характерным признаком смешения синего и желтого цветов, что позволяет сделать предположение о неравномерности образования окисного слоя, сильно зависящего от внешней среды и условий. Из полученных наблюдений можно предположить, что путем проведения дальнейшего анализа, расчета полученных данных и сравнения интенсивности свечения, основанных на законах Ситокса–Ломмеля и закона Вавилова, возможно получить расчетные данные о дате изготовления изделия путем сравнения интенсивности свечения, анализируемого и эталонного образца по формуле:

$$I = I_0 e^{-t/\hat{t}}, \quad (1)$$

где  $I$  – интенсивность свечения в момент времени  $t$ ;  $I_0$  – интенсивность свечения в момент прекращения возбуждения;  $\hat{t}$  – средняя длительность возбужденного состояния (время, в течение которого интенсивность свечения уменьшается в  $e$  раз).

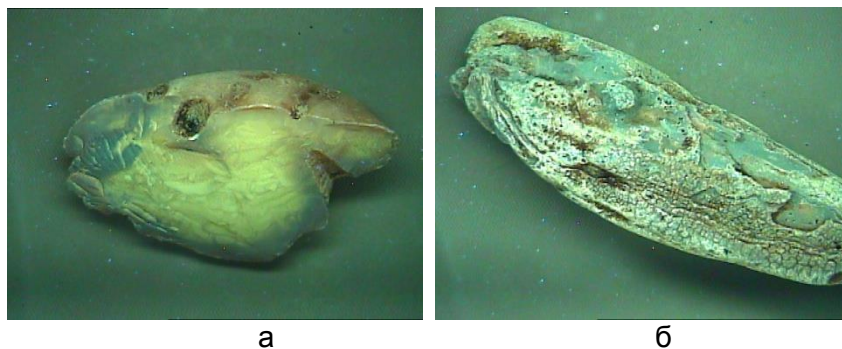


Рисунок. Синий цвет люминесценции необработанного балтийского сукцинита

При проведении исследования образцов янтаря измерялась скорость тушения свечения, которая характеризует эффективность трансформации возбуждающего света в свет люминесценции, и чувствительного к внешним воздействиям и деструкции материала, которые приводят к тушению свечения. Энергетический выход люминесценции рассчитывался по формуле:

$$\beta_{\text{Эн}} = \frac{E_{\text{л}}}{E_{\text{н}}}, \quad (2)$$

где  $E_{\text{л}}$  – излучаемая энергия;  $E_{\text{н}}$  – поглощенная энергия.

Данное обстоятельство может быть использовано при подборе оптимальных условий эксплуатации, хранения изделий из полимерных материалов органического происхождения, подверженных деструктивным процессам.

Закон затухания свечения после прекращения возбуждения позволяет определять природу и кинетику свечения и служит аналитической характеристикой, и описывается формулой:

$$I = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad (3)$$

где  $\tau$  – средняя длительность возбужденного состояния.

Длительность возбужденного состояния  $\tau$  является важной оптической характеристикой материалов, следовательно, скорости свечения, т.е. флуоресценции, и ее интенсивность также может служить отличительной характеристикой материала [4–10].

**Выводы.** Установлено, что:

1. интенсивность, цвет люминесцентного свечения или его сочетание позволяют проводить дефектоскопию материалов и изделий из янтаря, т.е. определять неоднородность структуры и строения, внутренних и внешних дефектов на прозрачных и полупрозрачных образцах;
2. при исследовании янтаря с «выветренной» поверхностной коркой люминесцентным методом анализа наблюдаются ярко выраженные границы корки, позволяющей произвести замеры толщины и рассчитать длительности времени ее формирования;
3. характеристикой прозрачности янтаря может служить цвет свечения, а именно от голубого до коричневого, соответственно, от прозрачного до непрозрачного, и требует дальнейшего исследования с целью формирования базы данных;
4. в результате процесса образования поверхностной корки цвет и интенсивность свечения меняются, что требует дальнейшего исследования, результаты которых будут полезны при определении времени и месте происхождения материала или изделия;
5. в результате исследования образцов наблюдается отсутствие характерного для прозрачного янтаря голубого свечения, следовательно, так как известно, что данный образец янтаря подвергался термической обработке, можно сделать вывод о том, что при помощи люминесцентного анализа возможно выявить факт воздействия на цвет и прозрачность янтаря путем термической обработки, что подтверждается при исследовании, в котором присутствуют образцы термически обработанные и необработанные и, соответственно, с характерными цветами и интенсивностью люминесценции.

### Литература

1. Неразрушающий контроль: Справочник: в 7 т. / Под общ. ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение, 2004. – 736 с.
2. Гришаева Т.И. Методы люминесцентного анализа: учебное пособие для вузов. – СПб.: АНО НПО «Профессионал», 2003. – 226 с.
3. Мильман Б.Л. Введение в химическую идентификацию. – СПб.: ВВМ, 2008. – 177 с.
4. Домасев М.В., Гнатюк С.П. Цвет, управление цветом, цветовые расчеты и измерения. – СПб.: Питер, 2009. – 224 с.
5. Сандитов Д.С., Бартенев Г.М. Физические свойства неупорядоченных структур. – Новосибирск: Наука, 1982. – 260 с.
6. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1973. – 832 с.
7. Шашков Б.А. Цвет и цветовоспроизведение. – М.: Книга, 1986. – 280 с.
8. Печкова Т.А. Инструментальная оценка цвета материала. – М.: 1970. – 125 с.
9. Джадд Д., Вышецки Г. Цвет в науке и технике. – М.: Мир, 1978. – 592 с.
10. Уайэтт О.Г., Дью-Хью Д. Металлы, керамики, полимеры / Пер. А.Я. Беленького, Б.М. Могутова, Л.Г. Орлова. – М.: Атомиздат, 1979. – 578 с.

УДК 681.785.5:620.1

**АНАЛИЗ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ЦВЕТОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ  
ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ****Верховская Я.И.<sup>1</sup>, Сапунова Н.П.<sup>1</sup>, Карелин К.И.<sup>1</sup>****Научный руководитель – д.т.н., профессор Прокопенко В.Т.<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Университет ИТМО

Проведено исследование влияния цветовой температуры осветительных приборов на цветопередачу изделий методами CIE и NPL с одной стороны, а с другой – определена их степень влияния на материал для выявления безопасных условий освещения для экспонируемых изделий.

**Ключевые слова:** цветопередача, источники света, экспонирование, полимерные органические материалы, консервация.

Поиск методов исследований, альтернативных доступных методик измерений воздействия источника света на окружающие предметы, материалы, среду, а также определение степени влияния осветительного оборудования, ультрафиолетовых (УФ) поглощающих фильтров или цветного стекла на искажение цветов в настоящее время является актуальным в профессиональных кругах прикладных сфер деятельности [1].

Существование двух основных общепризнанных методов CIE и NPL позволяет провести сравнительный анализ показателей цветопередачи тестируемого осветительного прибора относительно идеального, используя определенный цвет, выбранный в соответствии с относительной цветовой температурой (ОЦТ) [2].

В качестве решения поставленных проблем целью работы определено исследование степени влияния осветительных приборов на экспонируемые изделия из материалов органического происхождения, и определение условий освещения, не приводящих к деструктивным процессам экспонатов.

Методика сравнительного анализа основана на присвоении исследуемому источнику света абсолютно черного тела, поместив данные на графике цветонасыщенности, а у эталонного осветителя принять  $ОЦТ \geq 5000$  К, или  $ОЦТ \leq 5000$  К, но тогда кривую стандартного дневного света этой цветовой температуры выбрать в качестве эталона [3]. Далее, используя метод CIE, набор из 8 проверочных цветов располагается в цветовом пространстве, затем проводится фиксация их положения при освещении эталонным и исследуемым источником, в результате чего наблюдается смещение цветов на графике. При этом допустимым являются значения отклонения не выше 10% относительно эталона.

Также проведены сравнительные измерения цветопередачи осветителя D65 через цветные и обычные стекла с целью определения уменьшения освещенности до 30% без искажения цветов материалов [4].

Процедура измерений проведена на тестируемом осветительном приборе с  $ОЦТ=6395$  К, используя метод NPL, при работе исследовались диапазоны длин волн видимого спектра и определялось влияние на цветопередачу экспоната. Эксперимент проводился в условиях реального экспонирования изделий декоративно-прикладного искусства из янтаря [5].

Освещенность тестируемого осветителя настроена согласно освещенности эталонной лампы в шести полосах Кроуфорда (таблица).

Сравнительные данные, полученные путем наложения затемняющих масок, а затем перестройкой до «белого», позволили установить, что прежде чем адаптированный глаз заметит искажение цветов, возможно регулирование количественных показателей источника освещения в каждой измеряемой полосе с помощью цветного стекла в двух направлениях: цветопередачи и варьирование цветовой температуры без искажения цветов и их насыщенности.

Таблица. Измерение цветопередачи по методу NPL

Цветовая температура, К	Полосы длин волн, нм					
	400–455	435–510	510–540	540–590	590–620	620–760
Яркость полос						
D65 через фильтр цветного стекла	0,5966	9,89	21,32	35,70	11,51	8,96
Эталон 6395 К	0,6800	10,50	20,3	38,5	16,65	5,48
Соотношение, %	87,7	94,2	95,6	92,7	69,1	78,9
Отклонения, %	12,3	5,8	4,4	7,3	30,9	21,1
Превышение допустимого, ед.	9,0	5,1	5,8	19,1	26,0	60,5

Стоит отметить о необходимости проведения научно-исследовательских работ по разработке материалов в качестве фильтров, предотвращающих не только пропускание УФ излучения, но области инфракрасных спектров излучения, которые оказывают пагубное воздействие на предметы культурного наследия из органических материалов.

### Литература

1. Борискина А.А., Коваленко О.Ю., Пильщикова Ю.А. Светодиодный прибор улучшенной цветопередачи // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 4-5. – С. 1054–1058.
2. Crawford B.H. Colour rendition and museum lighting // *Studies in Conservation*. – 1961. – № 5. – P. 41–51.
3. Tompson C. Daylight in art galleries, *Mus.* // J.71. – 1971.
4. Wyszecki G., Stiles W.S. *Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae*. – 2nd ed. – New York: Wiley Interscience, 2000. – 968 p.
5. Афонин Д.Н., Афонин П.Н. Исследование психофизиологических факторов, определяющих эффективность деятельности операторов анализа изображений // *Bulletin of the International Scientific Surgical Association*. – 2017. – Т. 6. – № 1. – С. 26–28.

УДК 004.934.2

### АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИНТОНАЦИОННЫХ КОНТУРОВ НА ТОЧНОСТЬ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ НА БАЗЕ ДАННЫХ РУССКОЙ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ РЕЧИ RUSLANA

Верхоляк О.В.<sup>1</sup>

Научный руководитель – д.т.н., профессор Карпов А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

Работа выполнена в рамках проекта НИР № 616029 «Разработка и исследование методов и алгоритмов распознавания эмоционального и психофизического состояния человека по многомодальным данным».

В каждом языке существует определенное количество интонационных контуров, соответствующих типовым синтаксическим конструкциям предложений. Интонационные контуры характеризуются изменениями частоты основного тона, которая также является важной эмоциональной составляющей высказывания. Работа посвящена тому, чтобы проанализировать и раскрыть связь между двумя понятиями в целях улучшения работы систем автоматического распознавания эмоций в русской речи.

**Ключевые слова:** распознавание эмоций, интонационные контуры.

**Введение.** На базе данных русской эмоциональной речи RUSLANA была проведена автоматическая классификация эмоций по речевому сигналу, и результаты распознавания были проанализированы на предмет зависимости точности распознавания от интонационного контура конкретного высказывания. Предполагалось показать, что интонационные контуры можно отнести к языковым средствам выражения конкретных эмоций, и с их помощью можно добиться более эффективной работы системы автоматического распознавания эмоций в речи.

**Классификация интонационных контуров.** Термин «просодия» употребляется для обозначения особенностей речи, независимых от основной артикуляции звука. Просодические характеристики речи во многом свойственны интонации. До сих пор является спорным вопрос о том, как выбор того или иного интонационного контура влияет на стилистический и эмоциональный характер высказывания [1]. Более того, разным языкам присущи разные интонационные контуры высказываний. Наиболее популярная классификация для русского языка была предложена Брызгуновой [2]; она содержит 7 различных интонационных контуров (ИК), также подробно изученных и описанных Лобановым [3]. На основе этой классификации была построена база эмоциональной речи RUSLANA [4], на которой проводились все эксперименты данной работы. Ниже в табл. 1 приведены типы интонационных контуров, предложенных Брызгуновой, а также их конкретная реализация в базе данных RUSLANA.

Таблица 1. Описание интонационных контуров по классификации Брызгуновой [2]

	Тип предложения	Тип интонации	Пример предложения (RUSLANA)
ИК-1	Завершенное повествовательное предложение	Нисходящий тон на центральном гласном	Они построили корт для игры в теннис.
ИК-2	Вопрос с вопросительным словом	Нисходящий тон в сочетании с некоторым усилением словесного ударения на гласном центра	О чем написать Миле?
ИК-3	Вопрос без вопросительного слова	Восходящий тон с последующим падением	Фёдор поехал на кирпичную фабрику?
ИК-4	Вопрос с предлогом «а»	Нисходяще-восходящий тон	А завтра где Вика будет?
ИК-5	Восклицательное предложение	Сочетание восходящего, ровного и нисходящего тонов	Какая царская щедрость!
ИК-6	Частный вопрос-эхо	Сочетание восходящего и ровного тонов	На какой день взять билет?
ИК-7	Повелительно-восклицательное предложение	Сочетание восходящего тона со смычкой голосовых связок в конце артикуляции гласного центра	Включите этот хилый мотор!

**Корпус эмоциональной русской речи RUSLANA.** Эксперименты проводились на базе данных русской эмоциональной речи RUSLANA [4] – это аудиокорпус, содержащий высказывания 61-го диктора (12 мужчин и 49 женщин) в возрасте от 16 до 28 лет, носителей русского языка как родного. Все дикторы являлись студентами СПбГУ. 51 диктор родился либо вырос в Санкт-Петербурге, остальные студенты приехали из других регионов, но на момент создания корпуса проживали в Санкт-Петербурге как минимум три года.

Дикторы произносили 10 фонетически сбалансированных предложений, которые содержат все фонемы и самые распространенные комбинации согласных букв русского языка. Предложения также представляют 10 различных синтаксических типов, которые соответствуют интонационным контурам по классификации Брызгуновой [2]. Помимо 7-ми ИК, приведенных выше, в базе данных также представлены альтернативный вопрос (Здесь изображено естественное или искусственное озеро?), вопросительное предложение с отрицанием (Вы не дадите Жене книгу стихов Гёте?), а также повествовательное предложение с перечислением (В нашем районе расположены детская площадка, ресторан-бар, булочная и пекарня).

Дикторам предлагалось произнести перечисленные предложения с шестью разными эмоциональными оттенками:

1. нейтральное состояние (N – neutral);
2. удивление (S – surprise);
3. счастье (H – happiness);
4. злость (A – anger);
5. грусть (D – sadness);
6. страх (F – fear).

Таким образом, база данных содержит в общей сложности  $61 \times 10 \times 6 = 3660$  высказываний, длиной от 2 до 5 с каждое.

**Практические результаты.** Результаты анализа ошибок, полученных при автоматическом распознавании шести эмоций относительно разных интонационных контуров, показаны ниже в табл. 2.

Таблица 2. Уровень ошибок классификации эмоций относительно интонационных контуров, %

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N	12.00	11.00	11.00	10.00	10.00	6.00	11.00	8.00	13.00	8.00
A	8.25	13.40	8.25	5.15	14.43	8.25	10.31	5.15	12.37	14.43
H	8.11	11.71	11.71	13.51	9.01	9.91	8.11	6.31	12.61	9.01
S	13.49	7.94	11.90	10.32	9.52	6.35	7.14	12.70	8.73	11.90
F	4.40	10.99	10.99	9.89	10.99	9.89	12.09	12.09	6.59	12.09
D	7.27	11.82	8.18	7.27	10.00	9.09	8.18	11.82	10.91	15.45

Из вышеприведенных данных возможно сделать следующие выводы. Во-первых, ошибки классификации распределяются неравномерно в зависимости от интонационных контуров. Наиболее четко эта тенденция просматривается на основе эмоции грусть (D). Ошибки в два раза чаще встречаются на 10-м контуре, по сравнению с 1-м, 3-м, 4-м или 7-м контурами. Это означает, что большинство аудиофайлов, соответствующих эмоциональному состоянию «грусть» и неправильно классифицированных как другие эмоции, содержали высказывания, соответствующие 10-му интонационному контуру. Из этого можно сделать вывод, что 10-й контур имеет характеристики, свойственные другим эмоциям.

Чтобы посмотреть, какие эмоции чаще всего ложно воспринимались на 10-м контуре, необходимо обратиться к следующей табл. 3.

Из табл. 3 видно, что ошибки, сделанные на 10-м контуре при распознавании эмоции «Грусть» также имеют неравномерное распределение. Высказывания, подразумевающие грустное эмоциональное состояние на 10-м контуре чаще всего классифицируются как «Страх» или «Удивление». Это является показателем того, что голосовые характеристики, присущие 10-му контуру, плохо ассоциируются с грустным эмоциональным состоянием, и больше коррелируют с проявлением страха или удивления. При дальнейшем анализе распределения ошибок классификации других эмоциональных состояний проявляются аналогичные тенденции.



Таблица 3. Распределение ошибок по контурам для эмоции «Грусть» (D)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
N	3	5	2	0	2	3	3	7	3	4	32
A	0	1	1	2	0	0	1	1	0	1	7
H	1	1	2	0	3	0	0	1	1	0	9
S	3	4	0	2	2	4	3	3	3	6	30
F	1	2	4	4	4	3	2	1	5	6	32
	8	13	9	8	11	10	9	13	12	17	

Полученные результаты говорят о том, что эмоции влияют на глобальные интонационные контуры, присущие всему высказыванию. В этом также можно убедиться, анализируя частоту основного тона (для удобства визуализированную в виде интонограмм) 6-ти высказываний одного и того же предложения, одного и того же диктора, соответствующие разным эмоциональным оттенкам. Интонограммы приведены на рисунке.

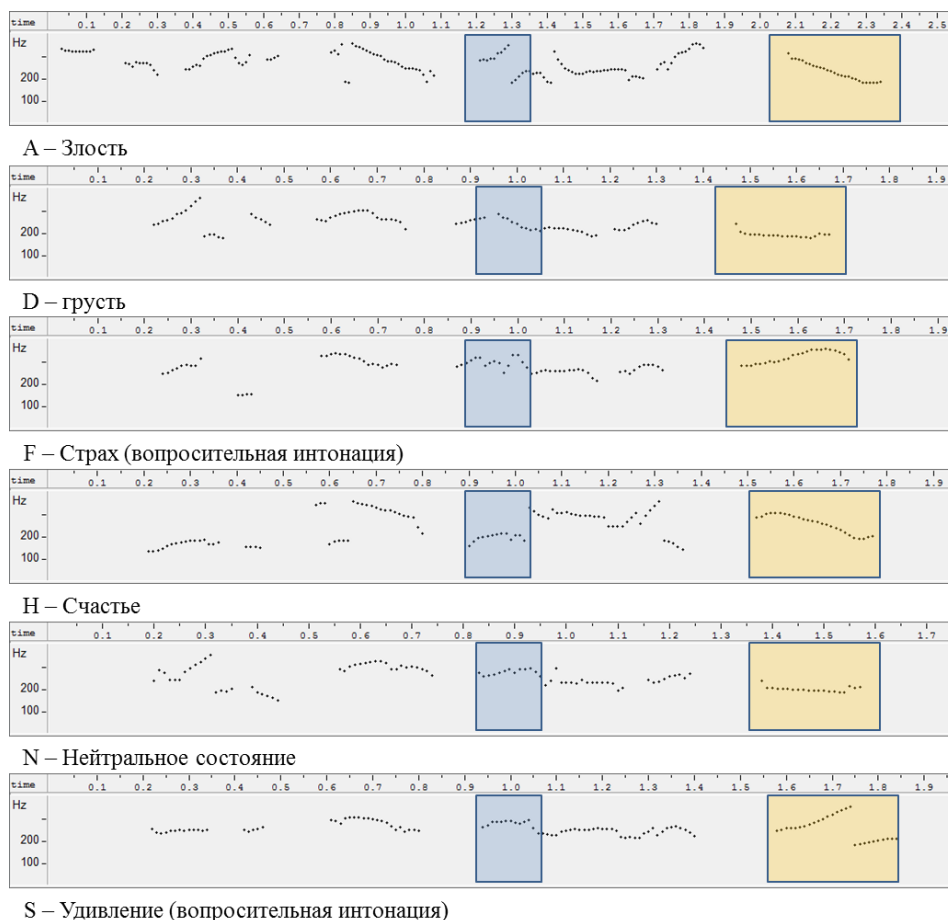


Рисунок. Интонационные контуры одного и того же диктора, при произнесении предложения «Они построили корт для игры в теннис» с разными эмоциями. Синим цветом выделен гласный центра, оранжевым – финальный гласный

Предложение, запечатленное на интонограмме, соответствует ИК-1 по Брызгуновой (простое повествовательное предложение). В общем случае высказывания обладают схожим интонационным контуром: нисходящий тон на центральном гласном, общий спад интонационного контура к концу предложения. Исключение составляют две эмоции: страх и удивление, где финальный спад заменяется подъемом, создавая интонацию вопроса вместо повествования. При выражении злости спад на центральном гласном также заменяется на подъем.

Отклонения от начального ИК, вызванные выражением определенных эмоций, свидетельствуют о том, что интонационные контуры действительно являются

информативными показателями эмоциональных состояний, лежащих в основе эмоционального высказывания. Следовательно, интегрирование информации об интонационных контурах высказывания может оказать положительное влияние на эффективность работы классификатора.

**Заключение.** По результатам классификации был проведен анализ распределения ошибок распознавания, и сделан вывод о том, что ошибки распределяются неравномерно в зависимости от интонационного контура высказывания. В результате дальнейшего исследования были получены убедительные основания полагать, что выражаемые эмоции влияют на характеристики интонации и приводят к изменению контура частоты основного тона, а следовательно, характеристики интонационного контура могут и должны быть использованы в качестве дополнительных информативных показателей.

### Литература

1. Bänziger T., Scherer K.R. The role of intonation in emotional expressions // *Speech communication*. – 2004. – V. 46(3). – P. 252–267.
2. Брызгунова Е.А. Звуки и интонация русской речи. – М.: Русский язык, 1977. – 281 с.
3. Лобанов Б.М., Окрут Т.И. Универсальные мелодические портреты интонационных конструкций русской речи // *Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: по матер. ежегодной международной конференции «Диалог»*. – 2014. – Вып. 13(20). – С. 330–339.
4. Makarova V., Petrushin V.A. RUSLANA: a database of Russian emotional utterances // *Proc. Int. Conf. Spoken Language Processing, Colorado*. – 2002. – P. 2041–2044.

УДК 338.1

### АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Владимирова А.С.<sup>1</sup>

Научный руководитель – к.э.н., доцент Павлова Е.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе рассмотрены возможные методы оценки конкурентоспособности предприятия, используемые сегодня. Дано определение понятия конкурентоспособности предприятия, рассмотрены существующие уровни конкурентоспособности, рассмотрены и проанализированы некоторые методы оценки уровня конкурентоспособности, и представлены способы их расчета.

**Ключевые слова:** конкурентоспособность, методы оценки, рейтинговая оценка, рыночная доля, теория эффективной конкуренции.

Сегодня проблема конкурентоспособности занимает центральное место в экономической политике любого государства. Основа конкурентоспособной экономики – конкурентоспособные предприятия. Все действия Правительства Российской Федерации и разрабатываемые законодательные акты и мероприятия, направлены на достижение этой цели.

Данная тема является актуальной сегодня. Поскольку на современном этапе развития российской экономики и рынка, в сложившихся, непростых экономических условиях кризиса, предприятиям для выживания и удержания своих позиций необходимо быть конкурентоспособными. Для этого необходимо знать свои сильные и слабые стороны, предоставлять услуги в соответствии с требованиями рынка и потребителей, вести анализ деятельности конкурентов и укреплять свои позиции на рынке. Конкурентоспособность

предприятия – способность прибыльно производить и реализовывать товарную продукцию по цене не выше и по качеству не хуже, чем у других рыночных контрагентов в своей рыночной нише, поэтому конкурентоспособность предприятия складывается из трех основных факторов: ресурсного, ценового и «фактора среды».

Все многообразие конкурентных отношений, возникающих в сфере экономики, можно подразделить на три уровня (табл. 1):

1. на макроуровне определяются основные условия конкурентоспособности функционирования всей хозяйственной системы в целом;
2. на мезоуровне формируются перспективы развития отрасли или корпорации, охватывающей группу предприятий;
3. на микроуровне конкурентоспособность обретает свою окончательную, завершённую форму в виде конкурентоспособности предприятия, товара.

Таблица 1. Уровни конкурентоспособности

Уровень	Сущность
Микроуровень (конкретные виды продукции, производства, предприятия)	Характеристики, отражающие качество и цены продукции
Мезоуровень (отрасли, объединения предприятий и фирм)	Характеристики, обеспечивающие устойчивое улучшение показателей эффективности использования имеющихся производственных ресурсов отраслей
Макроуровень (народнохозяйственные комплексы, страны, объединения стран)	Характеристики, отражающие общее состояние хозяйственных систем, их сбалансированность, инвестиционный климат [1]

Существуют различные подходы к оценке конкурентоспособности. Рассмотрим некоторые из них.

1. Оценка конкурентоспособности на основе рейтинговой оценки. Рейтинговую оценку используют при сравнении ряда предприятий, с целью их ранжирования по кредитоспособности, по прогнозной эффективности «вливания» средств инвестора, по прогнозной котировке акций на фондовом рынке. При составлении рейтинга используется идеология параметрического анализа, однако, нормативные выводы делаются на основе выбранных показателей, взвешенных по их относительной важности. Итоговая рейтинговая оценка с определенной субъективностью, но все же дает наглядное представление о том, какими факторами эффективности и финансового состояния обусловлено место предприятия в рейтинге, что дает комплексную картину состояния бизнеса анализируемых предприятий [2].

Составление рейтинга предприятия осуществляется в следующей последовательности:

- определение критериев отбора показателей рейтинговой оценки;
- определение «веса» того или иного показателя в итоговой оценке предприятия;
- учет динамики отдельных показателей.

Рейтинг предприятий определяется на основе расчета их итогового балла, который вычисляется по формуле:

$$TM = \sum_{i=1} (MiBi),$$

где  $TM$  – итоговый балл фирмы по результатам рейтинговой оценки;  $Mi$  – балл (количественная оценка) предприятия по  $i$ -му показателю хозяйственной деятельности, включаемому в модель составления рейтинга;  $Bi$  – вес  $i$ -го показателя, присвоенный ему при включении в модель проведения рейтинговой оценки;  $\sum_{i=1} (MiBi)$  – сумма произведений баллов отдельных показателей рейтинговой оценки и их весов.

2. Оценка конкурентоспособности на основе расчета рыночной доли. На потребительском рынке региона рыночная доля является основным экономико-статистическим показателем, характеризующим конкурентоспособность субъектов хозяйствования, в связи с тем, что многие из них несопоставимы с отраслевой точки зрения, но сопоставимы с позиции эффективности хозяйствования через рыночную долю.

Доля рынка определяется как удельный вес розничного товарооборота субъекта – в общем его объеме. Увеличение или уменьшение в интервале от 0 до 100% свидетельствует об уровне конкурентоспособности.

Доля рынка субъекта определяется по формуле:

$$MS = \frac{RC}{TC},$$

где  $MS$  – доля рынка субъекта;  $RC$  – розничный объем товарооборота субъекта;  $TC$  – общий объем розничного товарооборота на рынке.

Методика оценки конкурентоспособности по рыночной доле позволяет выделить ряд стандартных положений его субъектов: аутсайдеры, субъекты со слабой, средней и сильной конкурентной позицией, лидеры. Величина изменения рыночной доли позволяет определить группы хозяйствующих единиц: с быстро улучшающейся, с улучшающейся, с ухудшающейся и быстро ухудшающейся конкурентными позициями. Перекрестная классификация размера долей и их динамики дает возможность построить конкурентную карту рынка, на основании которой устанавливаются: место исследуемого субъекта в структуре рынка, степень доминирования на рынке, особенности развития конкурентной ситуации.

3. Оценка конкурентоспособности на основе теории эффективной конкуренции. Согласно этой теории наиболее конкурентоспособными являются те предприятия, где наилучшим образом организована работа всех подразделений и служб. На эффективность деятельности каждой из служб оказывает влияние множество факторов – ресурсов фирмы. Оценка эффективности работы каждого из подразделений предполагает оценку эффективности использования им этих ресурсов. В основе метода лежит оценка четырех групповых показателей (или критериев) конкурентоспособности.

В первую группу входят показатели, характеризующие эффективность управления производственным процессом: экономичность производственных затрат, рациональность использования основных фондов, совершенство технологии изготовления товара, организация труда на производстве.

Во вторую группу включены показатели, отражающие эффективность управления оборотными средствами: способность предприятия расплачиваться по своим долгам, возможность стабильного развития предприятия в будущем.

В третью группу включены показатели, позволяющие получить представление об эффективности управления сбытом и продвижения товара на рынке средствами рекламы и стимулирования.

В четвертую группу входят показатели конкурентоспособности товара: качество товара и его цена. В связи с тем, что каждый из этих показателей имеет разную степень важности для расчета коэффициента конкурентоспособности предприятия, экспертным путем были разработаны коэффициенты весомости критериев.

Расчет критериев и коэффициента конкурентоспособности предприятия производится по формуле средневзвешенной арифметической:

$$C = 0,15e + 0,29f + 0,23s + 0,33c,$$

где  $C$  – коэффициент конкурентоспособности предприятия;  $e$  – значение критерия эффективности производственной деятельности предприятия;  $f$  – значение критерия финансового положения предприятия;  $s$  – значение критерия эффективности организации сбыта и продвижения товара на рынке;  $c$  – значение критерия конкурентоспособности товара.

В общем виде алгоритм расчета коэффициента конкурентоспособности промышленного предприятия предусматривает три последовательных этапа.

Этап 1. Расчет единичных показателей конкурентоспособности предприятия и перевод этих показателей в относительные величины (баллы).

Для перевода единичных показателей в относительные величины производится их сравнение с базовыми показателями. В качестве базовых показателей (базы для сравнения) могут выступать среднеотраслевые показатели, показатели любого конкурирующего предприятия или предприятия-лидера на рынке, показатели оцениваемого предприятия за прошлые отрезки времени.

В целях перевода показателей в относительные величины используется 15-балльная шкала. При этом в 5 баллов оценивается показатель, имеющий значение хуже, чем базовый; в 10 баллов – на уровне базового; в 15 баллов – лучше, чем базовый.

Этап 2. Расчет критериев конкурентоспособности предприятия по формулам.

Этап 3. Расчет коэффициента конкурентоспособности предприятия.

Данная оценка конкурентоспособности предприятия охватывает все наиболее важные оценки хозяйственной деятельности предприятия, исключает дублирование отдельных показателей, позволяет быстро и объективно получить картину положения предприятия на отраслевом рынке. Использование в ходе оценки сравнения показателей за разные промежутки времени дает возможность применять этот метод как вариант оперативного контроля отдельных служб [3].

Проанализируем рассмотренные выше методы, используя табл. 2.

Таблица 2. Сравнительный анализ методов оценки конкурентоспособности предприятия

Название метода	Достоинства	Недостатки
Оценка конкурентоспособности предприятия на основе рейтинговой оценки	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Доступность исходной информации.</li> <li>– Дает наглядное представление о том, какими факторами эффективности и финансового состояния обусловлено место предприятия в рейтинге.</li> <li>– Учитывает реальные достижения всех конкурентов</li> </ul>	Большой субъективизм при выборе исходных данных и при оценке их степеней значимости
Оценка конкурентоспособности предприятия на основе расчета рыночной доли	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Величина изменения рыночной доли позволяет определить группы хозяйствующих единиц.</li> <li>– Перекрестная классификация размера долей и их динамики дает возможность построить конкурентную карту рынка, на основе которой легко установить место объекта в структуре рынка</li> </ul>	Сложность оценки рыночной доли
Оценка конкурентоспособности предприятия на основе теории эффективной конкуренции	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Учет разносторонних аспектов деятельности предприятия.</li> <li>– Позволяет быстро и объективно получить картину положения предприятия на отраслевом рынке</li> </ul>	Сумма отдельных элементов сложной системы (каковой является любое предприятие), как правило, не дает того же результата, что и вся система в целом

Сегодня существует большое количество методов, с помощью которых возможно оценить уровень конкурентоспособности предприятия. Среди всего множества существующих факторов оценки конкурентоспособности предприятий авторы выбрали три метода, представленные в табл. 2, проанализировали их достоинства и недостатки, методику расчета коэффициента конкурентоспособности, и с их помощью дали оценку конкурентоспособности исследуемого в работе предприятия.

Выбирая метод оценки конкурентоспособности предприятия нужно исходить из его отраслевой принадлежности и его специфических свойств, ведь принцип работы каждого предприятия является уникальным и включает в себя определенные особенности работы каждого подразделения предприятия, которые необходимо учесть.

Оценивая конкурентоспособность предприятия, было определено его место на рынке по сравнению с предприятиями-конкурентами. Проводить оценку конкурентоспособности предприятия можно не только одним методом, а совокупностью методов, чтобы получить более полный и приближенный к реальному результат, поскольку некоторые методы являются достаточно субъективными, и не могут в полной мере оценить конкурентоспособность предприятия со всех сторон. Замечено, что нет обязательных методов, которые необходимо использовать. Методы оценки конкурентоспособности вправе выбирать эксперт, занимающийся оценкой на свое усмотрение.

### Литература

1. Чайникова Л.Н., Чайников В.Н. Конкурентоспособность предприятия: учеб. пособие. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. университета, 2007. – С. 28–36.
2. Щиборщ К.В. Сравнительный анализ конкурентоспособности товаров и товаропроизводителей // Маркетинг в России и за рубежом. – 2000. – № 2. – С. 92.
3. Авдашева С.Б. Конкуренция и антимонопольное регулирование: учеб. пособие для вузов / Под ред. А.Г. Цыганова. – М.: Логос, 2011. – 368 с.

УДК 004.93

### РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ДЕТЕКТИРОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ

Волковая В.Н.<sup>1</sup>, Галюк В.Е.<sup>1</sup>

Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. Шуранов Е.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО;

<sup>2</sup>ООО «Центр речевых технологий», Санкт-Петербург

В работе представлены различные алгоритмы автоматического детектирования акустических событий. Реализованы следующие алгоритмы классификации: глубокие нейронные сети и наивный байесовский классификатор. Проведено сравнение алгоритмов классификации, а также оптимизация параметров алгоритмов. Показано улучшение точности распознавания акустических событий.

**Ключевые слова:** распознавание, акустические события, машинное обучение, обработка сигналов, нейронные сети, алгоритмы классификации.

Методы автоматизированного анализа и контроля акустической обстановки начали активно разрабатываться с начала 1990-х годов [1]. Задача контроля/анализа акустических обстановок была первоначально разработана применительно к анализу речевых сигналов и формулировалась как задача компьютерного анализа акустических сцен (КАСА) [2]. К настоящему моменту число публикаций по данной тематике составляет десятки тысяч в год.

Сформировались основные методические подходы к решению задач обнаружения звуковых событий и анализа звуковых сцен, предложен ряд готовых коммерческих решений.

Проводятся международные конкурсы, призванные оценить и зафиксировать современный уровень технологий в данной области.

В то же время развитие данного направления далеко от завершения. Это связано в первую очередь с многочисленностью видов акустического окружения и большим разнообразием прикладных задач контроля акустической обстановки [3–5].

Для решения задачи автоматического детектирования акустических событий были реализованы следующие алгоритмы классификации: алгоритм с использованием смеси гауссовых распределений (СГР), наивный байесовский классификатор и глубокие нейронные сети (МНС).

Для сравнения качества работы алгоритмов классификации событий предложено использовать график зависимости точности детектирования и вероятности ложных срабатываний. Для тестирования была собрана база акустических событий. База содержала целевые (Target) и нецелевые (Imposter) акустические события.

Целевые события делятся на 8 классов: звонок телефона, стук в дверь, хлопок дверью, печать на клавиатуре, речь, шорох, строительный инструмент, акустический фон. Нецелевые события – это произвольные события, не вошедшие в класс целевых событий. Количественное содержание базы: целевых событий – 400 аудиофайлов, нецелевых событий – 200 аудиофайлов.

Во всех нейронных сетях в качестве последнего слоя стоял полносвязный слой с количеством нейронов, равным количеству классов. Выходы с каждого нейрона последнего слоя интерпретировались как вероятности принадлежности нужному классу. Каждое событие из базы относилось к одному из 8 классов с некоторой вероятностью  $p$ .

Выбирая максимальное значение вероятности  $p$ , получаем класс и вероятность принадлежности этому классу для события. Если значение полученной вероятности  $p$  меньше некоторого заранее заданного значения порога  $t$ , то относим данное событие к неизвестному классу.

Процедура построения графика  $P/Fa$  состоит в следующем: изменяя значения порога вероятности  $t$  от 0 до 1, вычисляем значения точности  $P(t)$  и вероятности ложного срабатывания  $FA(t)$  для всей базы, полученные  $P(t)$  и  $FA(t)$  откладываем на координатной плоскости.

Сравнение графиков проводилось по двум параметрам: площади под графиком и значению в точке  $FA=1,0$ .

Чем ближе площадь под графиком к 1, тем лучше работает алгоритм. Сравнение значений в точке  $FA=1,0$  соответствует сравнению в условиях закрытой задачи.

В качестве объектов для экспериментального исследования СГР были выбраны следующие параметры СГР:

- признаки;
- нормализация;
- использование первых производных;
- использование детектора активности.

СГР допускает использование трех видов признаков: мел-частотные кепстральные коэффициенты (МЧКК), первые 20 коэффициентов МЧКК и логарифмы энергий в MEL-шкале (ЛЭМШ).

На рис. 1, а, представлены результаты экспериментального исследования влияния признаков.

Экспериментальные исследования показали, что точность детектирования максимальна при использовании ЛЭМШ в качестве признаков.

СГР также использует три вида нормализации признаков:

- глобальная нормализация;
- нормализация в пределах файла;
- отсутствие нормализации.

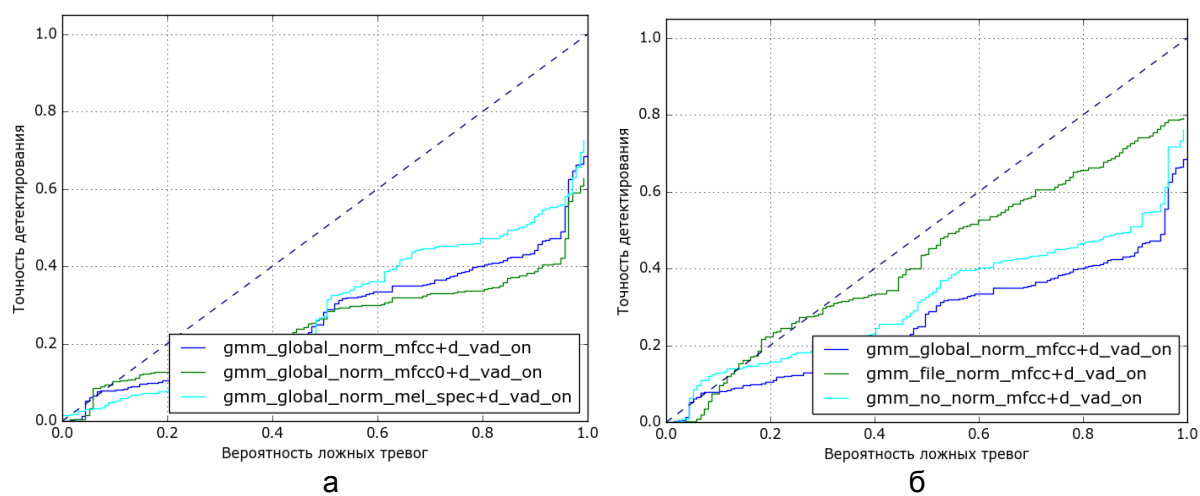


Рис. 1. Влияние признаков (а) и нормализации (б)

На рис. 1, б, представлены результаты экспериментальных исследований, устанавливающих зависимость между точностью детектирования и влиянием нормализации.

Экспериментальные исследования показали, что точность детектирования максимальна при использовании нормализации признаков в пределах одного файла. В таблице содержатся конечные результаты исследования различных параметров СГР.

Таблица. Исследование параметров СГР

Признаки	Нормализация	Первые производные	Детектор активности	Точность
МЧКК	Глобальная	Используются	Используется	69%
Первые 20 МЧКК	Глобальная	Используются	Используется	63%
ЛЭМШ	Глобальная	Используются	Используется	73%
МЧКК	Отсутствует	Используются	Используется	76%
МЧКК	В пределах файла	Используются	Используется	79%
МЧКК	Глобальная	Не используются	Используется	70%
МЧКК	Глобальная	Используются	Не используется	64%

Приведенные выше результаты доказывают целесообразность комбинирования различных параметров СГР. Максимальная точность детектирования достигается при совокупном применении МЧКК, нормализации в пределах файла, а также использовании первых производных и детектора активности.

Целью экспериментальных исследований работы МНС являлся поиск наилучшей архитектуры МНС. Таким образом, в рамках экспериментальных исследований была



произведена оценка работы алгоритма при различном количестве слоев нейронной сети и количестве нейронов в слое.

Рис. 2 содержит результаты исследования работы двухслойной сети при различном количестве нейронов внутри одного слоя.

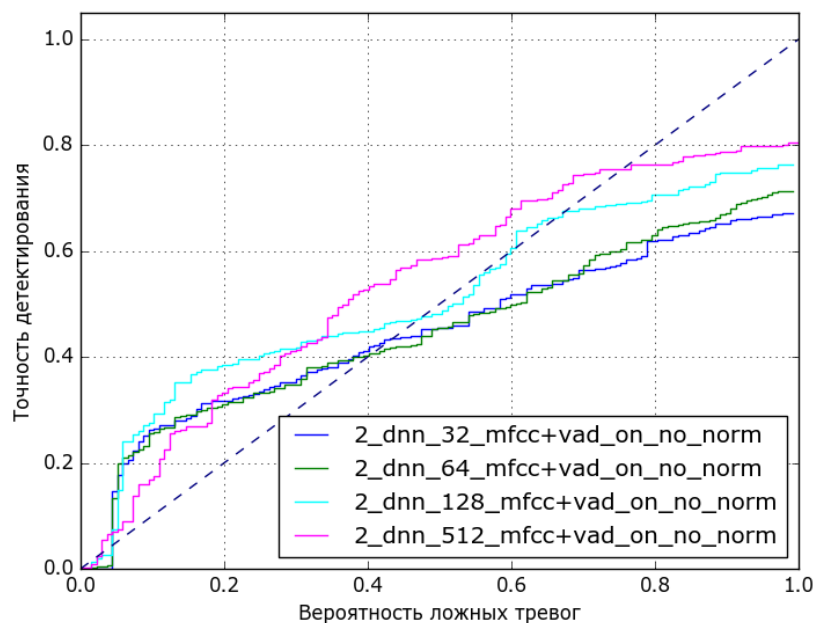


Рис. 2. Влияние количества нейронов внутри слоя

В результате анализа данного графика был сделан вывод о том, что увеличение количества нейронов внутри слоя позволяет достичь увеличения точности детектирования.

Исходя из полученных результатов, было установлено, что оптимальным количеством нейронов на слое является 512.

Использование алгоритмов классификации рекомендуется в рамках перспективных работ в данном направлении, так как могут повысить точность метода автоматического обнаружения изменения акустической обстановки.

Рассмотрены основные методы классификации акустических событий.

Выработана методика сравнения алгоритмов классификации. Наиболее перспективными методами для классификации акустических событий являются глубокие нейронные сети.

К недостаткам данных методов можно отнести необходимость формирования баз данных интересующих (целевых) событий.

### Литература

1. Bregman A.S. Auditory Scene Analysis: The Perceptual Organization of Sound. – MIT Press, 1990. – 854 p.
2. Cazals Y., Demany L., and Horner K. (Eds.) Auditory Psychology and Perception. – Oxford: Pergamon, 1992.
3. Cooke P.M. Modelling of Auditory Processing and Organization. – UK: Cambridge, University Press, 1993. – 122 p.
4. Moore B.C.J. An Introduction to the Psychology of hearing. – 5-th ed. – Academic Press, 2005. – 322 p.
5. Wang D., Brown G. Computational Auditory Scene Analysis: Principles, Algorithms and Applications. – Wiley-IEEE Press, 2006. – 395 p.

УДК 665.6/.7

**ВЫБОР МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ГАЗОГИДРАТОВ****Ворожцова Ю.С.<sup>1</sup>, Усманова Ф.Г.<sup>2</sup>, Рзаметов К.С.<sup>1</sup>****Научный руководитель – к.х.н., доцент Усманова Ф.Г.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Университет ИТМО;<sup>2</sup>ООО «Газпромнефть научно-технический центр», Санкт-Петербург

В работе рассмотрено применение следующих методов для прогнозирования условий гидратообразования на Восточном участке Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения: Макогона–Схальяхо, Пателя и Тея, Ван дер Ваальса и Соава–Редлиха–Квонга. Полученные результаты по каждому из расчетных методов были проанализированы, в результате был выбран наиболее точный из них в сравнении с экспериментальным методом.

**Ключевые слова:** газогидраты, условия гидратообразования, метод Макогона–Схальяхо, термодинамическая модель Пателя и Тея, уравнения Ван дер Ваальса и Соава–Редлиха–Квонга.

Образование и отложение газогидратов – одна из распространенных проблем месторождений северных районов России и Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения [1]. Для них характерны высокие пластовые давления, низкие температуры воздуха в холодное время года, наличие в составе добываемых смесей воды и гидратообразующих газов. Перечисленные факторы приводят к осложнениям при эксплуатации, приводящих к длительному простое скважин и существенным потерям нефти [2, 3]. Кроме того, возникают дополнительные экономические затраты на ликвидацию гидратных и смешанных пробок и соответственно повышаются экологические риски [4, 5]. Учитывая вышеизложенное, актуальной задачей является прогнозирование условий образования газогидратов для дальнейшего принятия решений и выбора методов предотвращения осложнений в работе промыслового оборудования на Восточном участке Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения (ВУ ОНГКМ).

Термобарические условия на одной из скважин в соответствии с промысловыми данными следующие: протяженность от устья скважины до забоя составляет 1 800 м, давление варьируется от 30 до 58 атм., а температура от  $-5^{\circ}\text{C}$  до  $23^{\circ}\text{C}$ . На линиях активного газа температура колеблется в диапазоне  $-15$ – $10^{\circ}\text{C}$ , давление: 75–120 атм. Для данных условий, а также на основании информации о составе газа произведен расчет различными методами: Макогона–Схальяхо, с использованием термодинамической модели Пателя и Тея, а также методом, основанном на уравнениях Ван дер Ваальса и Соава–Редлиха–Квонга. Наиболее простым из перечисленных является метод Макогона–Схальяхо. В результате его применения получена равновесная кривая гидратообразования для состава газа ВУ ОНГКМ в диапазоне температур от  $-15$  до  $23^{\circ}\text{C}$ . Расчеты показали, что образование гидратов возможно при температуре ниже  $21,5^{\circ}\text{C}$  и давлении ниже 118 бар. Данный метод является достаточно точным и универсальным по сравнению с графическими методами расчета условий гидратообразования (рис. 1, а).

Далее выполнен расчет вероятности образования газогидратов с использованием термодинамической модели Пателя и Тея, который показал, что образование газогидратов при давлениях и температурах, приведенных для исследуемого объекта, возможно при температуре ниже  $18^{\circ}\text{C}$  и давлении ниже 105 бар. Расчет проводился для идентичного диапазона температур (рис. 1, б).

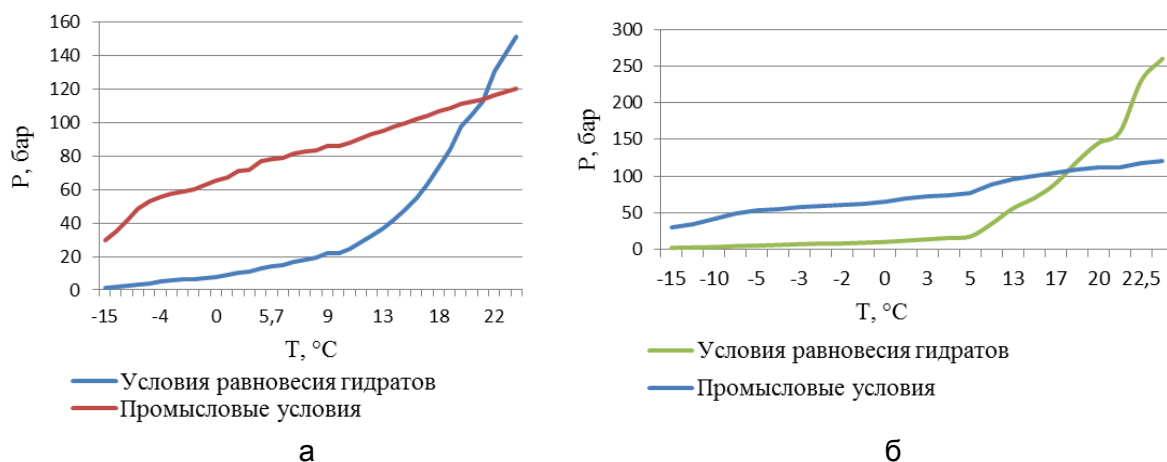


Рис. 1. Кривая гидратообразования, рассчитанная методом Макогона–Схаляхо (а); кривая равновесия гидратообразования согласно термодинамической модели Пателя и Тея (б)

Затем был рассмотрен метод, основанный на уравнениях Ван дер Ваальса и Соава–Редлиха–Квонга, с помощью которого были рассчитаны  $P$ ,  $T$ -условия фазовых равновесий для условий ВУ ОНГКМ в системе газ–пластовая вода. В результате расчета выявлено, что образование газогидратов в исследуемой системе возможно при температуре ниже  $11^{\circ}\text{C}$  при давлении ниже 90 бар (рис. 2, а).

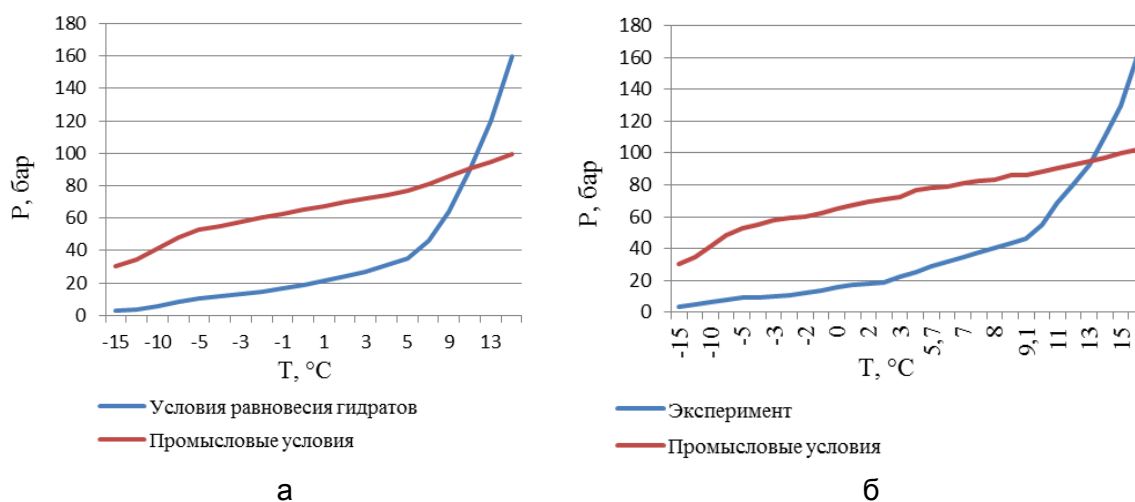


Рис. 2. Кривая равновесия гидратообразования, полученная по методу Ван дер Ваальса и Соава–Редлиха–Квонга (а); кривая гидратообразования, рассчитанная экспериментальным методом (б)

Впоследствии, в рамках исследований для системы, состоящей из модельной пластовой воды и газовой смеси, были измерены равновесные условия разложения газовых гидратов на установке ГНА350 изохорным методом для идентичного диапазона температур (рис. 2, б).

Эксперимент показал, что гидраты в данной системе при данных условиях образуются при температуре ниже  $12,5^{\circ}\text{C}$  и давлении ниже 95 бар. По данным расчетов условий гидратообразования различными методами и построенным кривым, выявлено, что наиболее приближенным к значениям, полученным экспериментальным путем является расчет равновесной кривой гидратообразования с использованием метода, основанного на модели Ван дер Ваальса и Платтеу, для описания равновесий углеводородных флюидов пользовались уравнениями состояния Соава–Редлинга–Квонга (рис. 3).

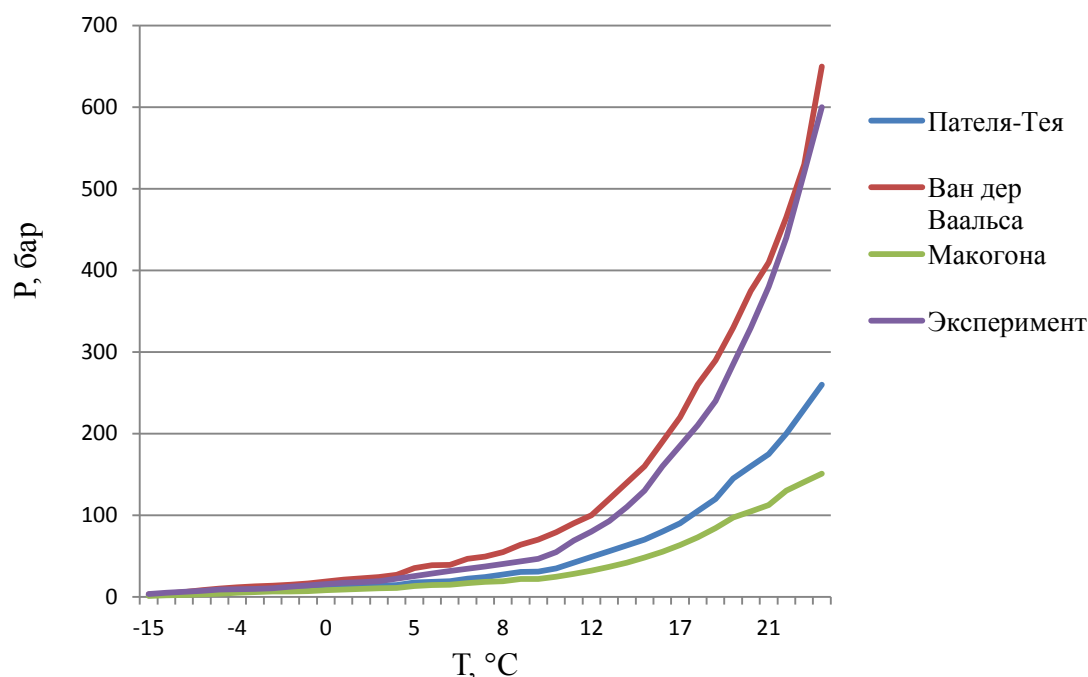


Рис. 3. Результаты исследования условия гидратообразования для условий ВУ ОНГКМ

Температура гидратообразования, рассчитанная данным способом ниже на  $1,5^{\circ}\text{C}$  значения равновесной температуры при фиксированных значениях давления по сравнению с экспериментом. При том, что для метода Макогона–Схаляхо значения температур отличаются от экспериментальных на  $6,7^{\circ}\text{C}$ , а Пателя и Тея – на  $4^{\circ}\text{C}$ . Полученные экспериментальным путем равновесные кривые гидратообразования, могут быть использованы для оценки возможности образования газовых гидратов для промышленных систем ВУ ОНГКМ. Расчетный метод, выбранный и предложенный для оценки рисков гидратообразования на ВУ ОНГКМ, позволит с достаточной точностью и быстро определять условия гидратообразования на конкретных объектах месторождения и планировать дальнейшие мероприятия для предотвращения осложнений в работе промышленного оборудования на ВУ ОНГКМ.

### Литература

1. Гриценко А.И., Истомин В.А., Кульков А.Н., Сулейманов Р.С. Сбор и промышленная подготовка газа на северных месторождениях России. – М.: Недра, 1999. – 473 с.
2. Бухгалтер Э.Б. Предупреждение и ликвидация гидратообразования при подготовке и транспорте нефтяного и природного газов // Нефтепромысловое дело. – 1982. – Вып. 10(34). – 41 с.
3. Истомин В.А. Предупреждение и ликвидация газовых гидратов в системах сбора и промышленной обработки газа и нефти. – М.: ВНИИЭгазпром, 1990. – 214 с.
4. Якушев В.С., Ван Анлунь. Перспективы замены метанола кинетическими ингибиторами гидратообразования в системах сбора газа сероводородсодержащих месторождений провинции Сычуань, Китай // Газовая промышленность. – 2015. – № 12(731). – С. 79–82.
5. Хорошилов В.А., Малышев А.Г. Предупреждение и ликвидация гидратных отложений при добыче нефти. – М.: ВНИИОЭНГ, 1986. – 55 с.

УДК 004.93'11

## РАСПОЗНАВАНИЕ ОБЪЕКТОВ НА ВИДЕО НА ОСНОВЕ ДЕТЕКТОРА SSD

Галюк В.Е.<sup>1</sup>, Волковая В.Н.<sup>1</sup>Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. Шуранов Е.В.<sup>2</sup><sup>1</sup>Университет ИТМО;<sup>2</sup>ООО «Центр речевых технологий», Санкт-Петербург

**Целью работы** являлось создание системы распознавания под конкретный набор классов объектов на основе модели SSD. В работе обсуждались возможные решения задачи детектирования объектов на видео. Рассмотрены некоторые из доступных на сегодняшний день архитектур нейронных сетей; очерчены направления дальнейших исследований. В работе описана система детектирования объектов на основе SSD, была предложена подходящая архитектура сети. Сделаны выводы относительно возможности применения. Приведено сравнения качества систем, сделаны выводы относительно эффективности.

**Ключевые слова:** сверточные нейронные сети, машинное обучение, видеодетектирование.

**Преимущества модели.** В результате проведенного анализа установлено, что на сегодняшний день наиболее перспективным подходом в задаче детектирования объектов на изображениях и видео является использование модели Single Shot MultiBox Detector (SSD) [1], основанной на использовании сверточных нейронных сетей (Convolutional Neural Networks, CNN [2]). Достоинствами этой модели являются:

1. использование в качестве основного составного блока глубоких сверточных нейронных сетей, которые в данный момент демонстрируют наилучшие результаты в задачах распознавания изображений и продолжают активно развиваться. В дальнейшем используемую в SSD нейронную сеть можно будет регулярно заменять на более современную, таким образом, постоянно улучшая работу системы;
2. высокая точность детектирования объектов, подтвержденная тестами на общепринятых базах: PASCAL VOC 2007/2012, ILSVRC и MS COCO;
3. высокая скорость работы модели (20-60 FPS без применения методов ускорения сетей);
4. возможность адаптации «обученной» модели к новым задачам («дообучение» на новых данных).

**Описание модели Single Shot MultiBox Detector.** В процессе работы SSD получает на вход изображение, а на выходе выдает найденные на этом изображении объекты (координаты «окон», описывающих объекты, а также метки классов этих объектов). В основе SSD используется глубокая сверточная нейронная сеть, состоящая из большого количества слоев (до десятков слоев), последовательно преобразующих входное изображение в наборы «карт признаков» (feature maps). Для решения задачи детектирования сеть учится формировать эти «карты признаков» таким образом, чтобы на «верхних» слоях сети из них можно было получить координаты объектов и вероятности принадлежности этих объектов к тому или иному классу (рис. 1).

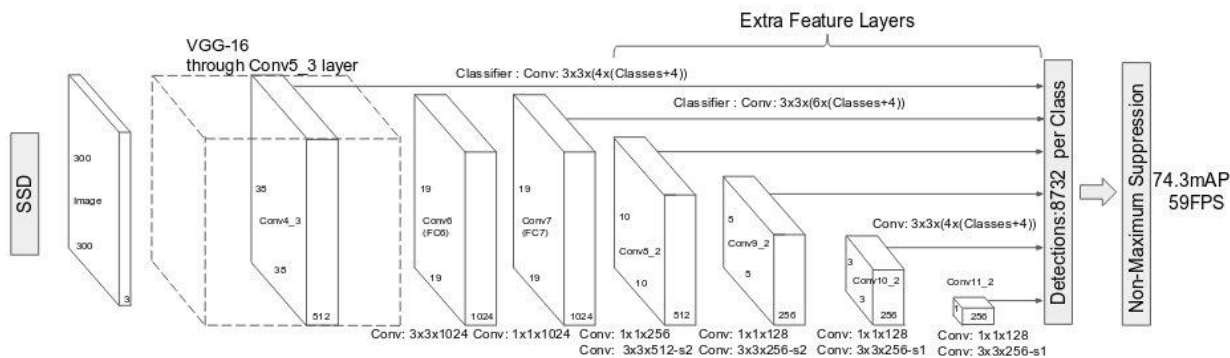


Рис. 1. Архитектура «верхних» слоев SSD, созданного на основе сети VGG-16

Для того чтобы обеспечить детектирование объектов разного размера, используются карты признаков, полученные с разных слоев сети и имеющие разное пространственное разрешение (рис. 2, а, б). В итоге каждая ячейка выходных карт признаков сети обучается выдавать вероятность наличия в ней объекта того или иного класса (или же отсутствия объектов в данной точке), а также координаты окна, описывающего границы данного объекта (рис. 2, в). Далее наименее вероятные объекты отбрасываются по порогу уверенности сети в наличии объекта. Затем множественные детектирования одного и того же объекта (полученные с карт признаков разного пространственного разрешения или с соседних ячеек, описывающих один и тот же объект), объединяются с помощью метода «Non-Maximum Suppression», и итоговые результаты детектирования выдаются в качестве «выхода» сети.

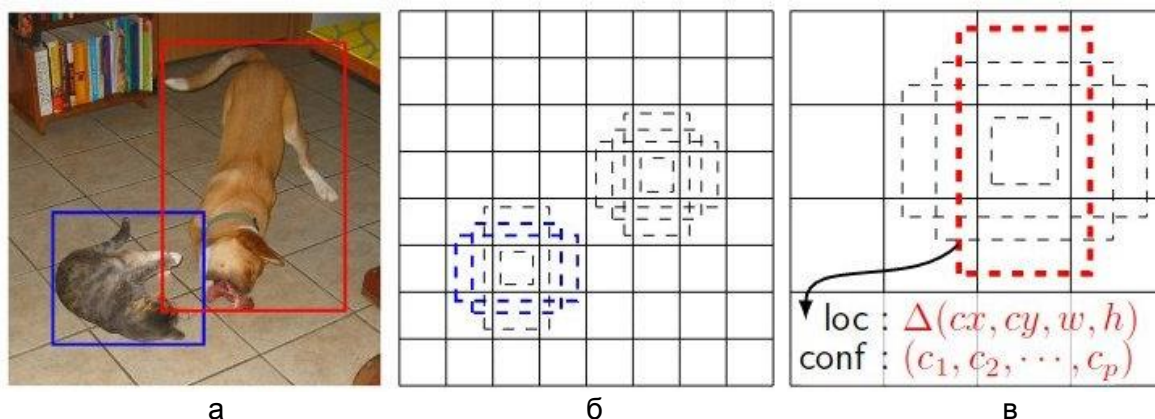


Рис. 2. Изображение с размеченными объектами (а); карта признаков размера 8×8 с предсказанными координатами объектов (до NMS) (б); карта признаков размера 4×4 с предсказанными координатами объектов, а также вероятностей принадлежности объектов к тому или иному классу (в)

Для обучения SSD используются изображения с размеченными на них объектами (координаты окон, описывающих объекты, и метки классов этих объектов). Обучение проводится итеративно, с помощью метода Stochastic Gradient Descent. Для обучения «с нуля» требуется достаточно большое количество размеченных изображений (минимум несколько тысяч изображений). Одним из способов уменьшения трудозатрат на разметку изображений является использование уже обученной на задаче классификации объектов сети для инициализации весов сети детектора.

Эта сеть («базовая сеть») обычно сначала обучается на большой базе изображений, имеющих только классификационную разметку (без указания координат объектов, только классов изображений, так как такую разметку значительно проще получить), такой как ImageNet или OpenImages. Затем ее веса переносятся (используется подход под названием «Transfer Learning») в сеть детектора вместо случайной инициализации весов.

Таким образом, те признаки, которые сеть получила в процессе обучения задачи классификации, являются хорошим стартом для того, чтобы начать обучение задаче детектирования объектов. Сети, обучаемые таким образом, обучаются быстрее, на меньшем количестве размеченных для детектирования (с координатами объектов) данных и демонстрируют лучшую точность детектирования. Этот подход (обучение базовой сети на задаче классификации изображений, а затем дообучение ее на задаче детектирования изображений) будем считать основным. Более того, эту процедуру можно «продолжить». Например, сети, обученные на задаче классификации большого количества классов (например, ImageNet-CLS, имеющей 1000 классов), сначала необходимо дообучать на задаче детектирования большого количества разнообразных объектов (например, ImageNet-DET, имеющей 200 классов). А затем дообучать уже на

целевой задаче (например, детектирование объектов каких-либо конкретных 10 классов). Таким образом, то, чему сеть научилась при решении первых двух задач, поможет ей для улучшения результатов и в третьей задаче.

Для детектирования объектов в видеопотоке, в отличие от статичных изображений, кроме детектирования объектов в каждом отдельном кадре также имеет смысл использовать результаты детектирования, полученные на близких по времени кадрах. Эта информация помогает справиться со сложными в статичном варианте ситуациями, такими, как размытие объектов из-за движения, временное перекрытие объектов другими объектами и т.п., уменьшая как количество ложных детектирований, так и количество не обнаруженных объектов. Для того чтобы использовать информацию с соседних кадров, можно использовать метод Seq-NMS [3] (Non-Maximum Suppression, расширенный на последовательности кадров).

Поскольку в поставленной задаче размер объектов крайне невелик, то было принято решение модифицировать архитектуру сети таким образом, чтобы была возможность обрабатывать изображения, используя высокое разрешение. Сеть была модифицирована так, чтобы входное изображение передискретизировалось в размер 900×900. Для этого к исходной архитектуре были добавлены дополнительные сверточные слои.

**Полученные результаты.** Результаты на базе PASCAL VOC 2007 представлены в таблице.

Таблица. Результаты на базе PASCAL VOC 2007

Метод	Средняя точность MAP	Частота кадров
Faster R-CNN (VGG16)	73,2	7
Faster R-CNN (ZF)	62,1	17
YOLO	63,4	45
FAST YOLO	52,7	155
SSD300	72,1	58
SSD500	75,1	23
SSD900	78,82	13

**Выводы.** Предложенная сеть показала лучший результат по точности на задаче VOC Pascal, однако скорость работы существенно упала.

Следующим шагом станет обучение новой «базовой» сети, полученной с помощью вышеуказанных усовершенствований текущей сети, на задаче классификации ImageNet-CLS, и в дальнейшем дообучение на задачах детектирования ImageNet-DET и ImageNet-VID.

### Литература

1. Liu W., Anguelov D., Erhan D., Szegedy Ch., Reed S., Fu Ch.-Y. and Berg A.C. SSD: Single Shot MultiBox Detector [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/1512.02325v2.pdf>, своб.
2. LeCun Y., Boser B., Denker J.S., Henderson D., Howard R.E., Hubbard W. and Jackel L.D. Backpropagation Applied to Hand-written Zip Code Recognition // Neural Computation. – 1989. – V. 1. – P. 541–551.
3. Han W., Khorrami P., Paine T.L., Ramachandran P., Babaeizadeh M., Shi H., Li J., Yan Sh., Huang Th.S. Seq-NMS for Video Object Detection [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjQwbD9rqTVAhXjDpoKHV-yDocQFggjMAA&url=https%3A%2F%2Farxiv.org%2Fabs%2F1602.08465&usq=AFQjCNEr-ztsnz1iWo20QF9yl88ip8s5kw&cad=rjt>, своб.

УДК 681.5.04

## ПОВЫШЕНИЕ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ СИЛОВЫХ ПЬЕЗОАКТИУАТОРОВ

Головин А.А.<sup>1</sup>Научный руководитель – к.т.н., доцент Бойков В.И.<sup>1</sup><sup>1</sup>Университет ИТМО

В ходе работы проведен анализ основных способов включения пьезоактюатора в цепь с высоковольтным усилителем мощности. Варианты включения с регулированием тока цепи пьезоактюатора и его заряда являются менее жесткими и хорошо подходят для задач, где требуется производить компенсацию вибраций. Наличие в схеме включения обратной связи позволяет в десятки раз уменьшить гистерезис. Способ управления по напряжению является самым простым в реализации и перспективным для исследований.

**Ключевые слова:** пьезоактюатор, силовые пьезоактюаторы, пьезодвигатель, быстродействие, схемотехника включения, управление по напряжению, зарядовое управление, токовое управление.

Силовые пьезоактюаторы (ПА) применяются в областях, где требуется прикладывать большие усилия для перемещения полезной нагрузки. В том числе силовые ПА применяются в качестве клапанов впрыска топлива, сканирующих устройств, а также в оптике и для подавления активных вибрации. Особенностью силовых ПА для генерации больших усилий являются его большие габариты, что, в свою очередь, влечет увеличение электрической емкости, которая негативно сказывается на быстродействии, привнося в систему инерционность.

На потенциальное быстродействие системы оказывает влияние способ подключения ПА к высоковольтному усилителю мощности. **Целью работы** являлось рассмотрение способов включения его в цепь, и их влияние на быстродействие привода. Из существующих способов выделяются три основных: управление по напряжению, управление силой тока в цепи питания ПА, управление величиной заряда емкости ПА [1]. Исследование проводилось по математической модели ПА в пакете MATLAB.

Управление по напряжению является самым простым. В такой схеме представляется возможным варьирование выходного сопротивления усилителя. Повышение быстродействия напрямую связано с мощностью усилителя. На рис. 1 представлена электрическая схема включения ПА.

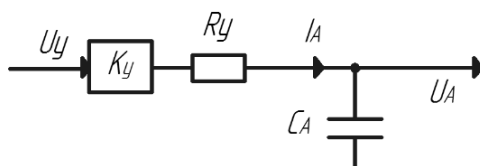


Рис. 1. Электрическая схема включения ПА в цепь с усилителем для управления по напряжению

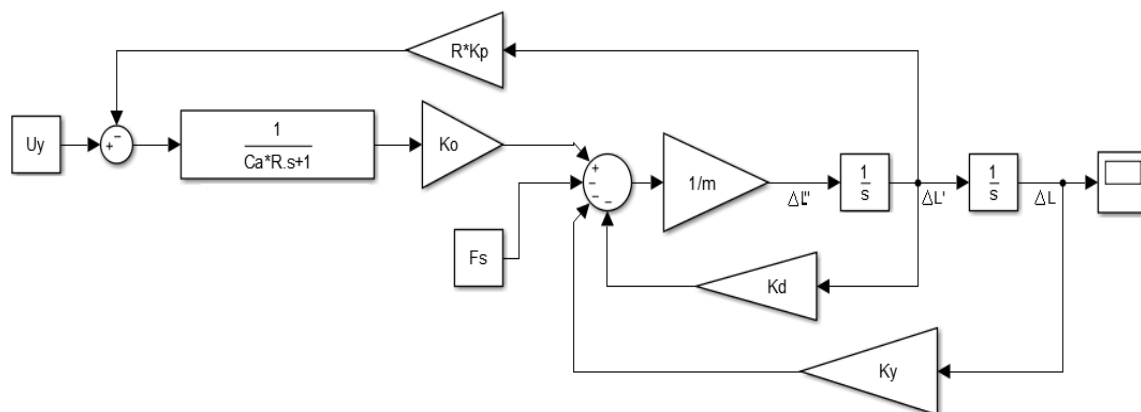


Рис. 2. Схема моделирования для управления по напряжению



Исходя из уравнения для электрической цепи и динамики процессов модели, составим схему моделирования в MATLAB [2] (рис. 2) и получим систему уравнений:

$$\begin{cases} m\ddot{\Delta}(p) + K_d\dot{\Delta}(p) + K_y\Delta(p) = K_o U_a(p) + F_c(p) \\ C_a L p U_a(p) + U_a(p) = K_y U_y(p) - K_n R_y \dot{\Delta}(p) \end{cases}$$

Графики переходных процессов для разных значений сопротивлений усилителя представлены на рис. 3.

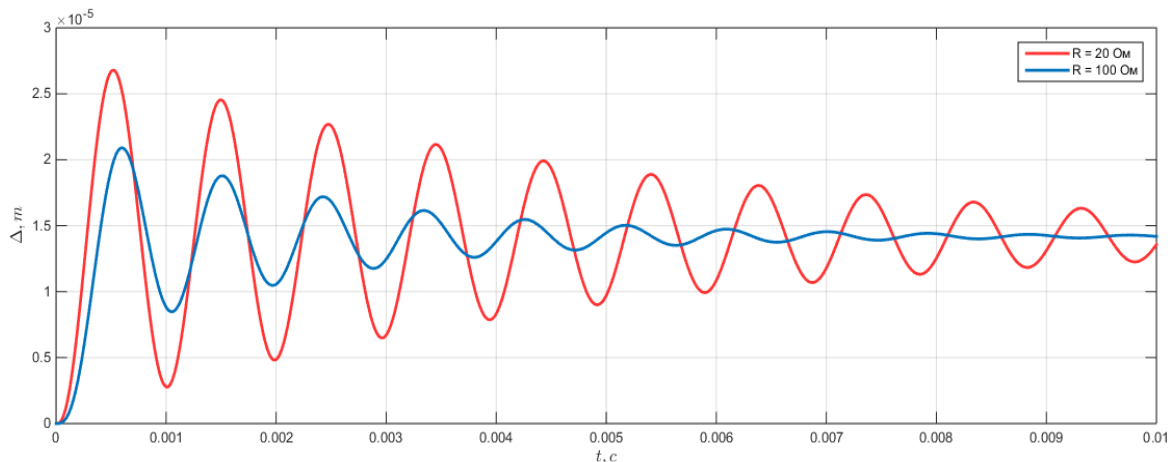


Рис. 3. График переходных процессов при разных сопротивлениях усилителя для случая управления ПА по напряжению

Согласно полученным результатам можно сделать вывод, что с увеличением сопротивления в схеме возрастает колебательность процесса. Так называемое время регулирования уменьшается, но в целом время переходного процесса растет. В таких схемах необходимо применять дополнительные алгоритмы управления для подавления высокочастотных колебаний.

Для способа включения с регулированием силы тока в цепи строится схема в виде высоковольтного усилителя, охваченного обратной связью по току пьезоактюатора. Электрическая схема представлена на рис. 4.

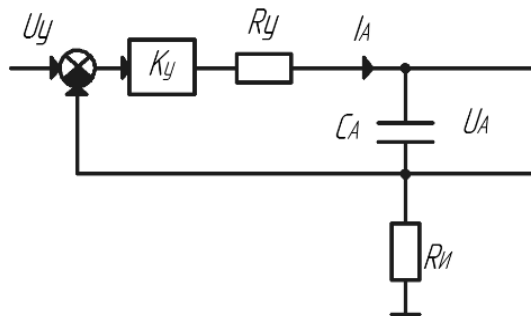


Рис. 4. Электрическая схема включения пьезоактюатора в цепь с усилителем для управления по току

Система уравнений описывающих динамику в цепи для данного способа включения:

$$\begin{cases} m\ddot{\Delta}(p) + K_d\dot{\Delta}(p) + C_x\Delta(p) = K_o U_a(p) + F_c(p) \\ C_a(R_y + R_u + K_y R_u)p U_a(p) + U_a(p) = \\ K_y U_y(p) - K_n(R_y + R_u + K_y R_u)\dot{\Delta}(p) \end{cases}$$

Получим схему моделирования на рис. 5. Для сравнения графики переходных процессов для случая включения ПА для управления по напряжению и по току представлены на рис. 6.

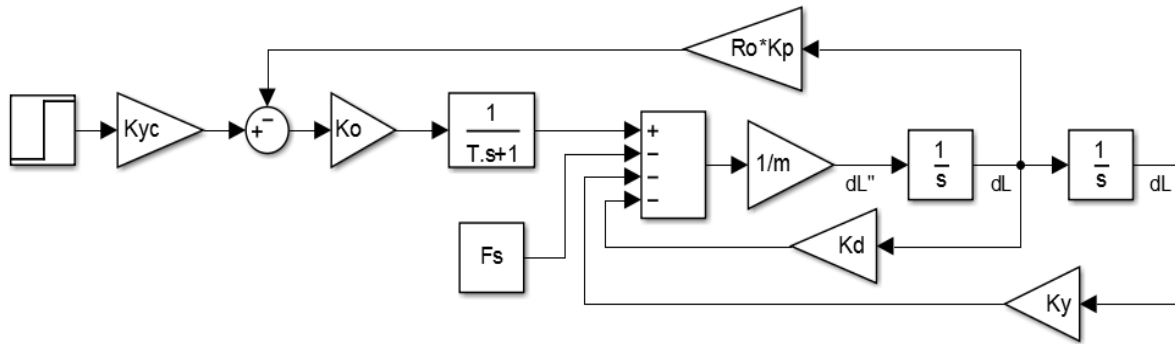


Рис. 5. Схема моделирования для управления ПА по току

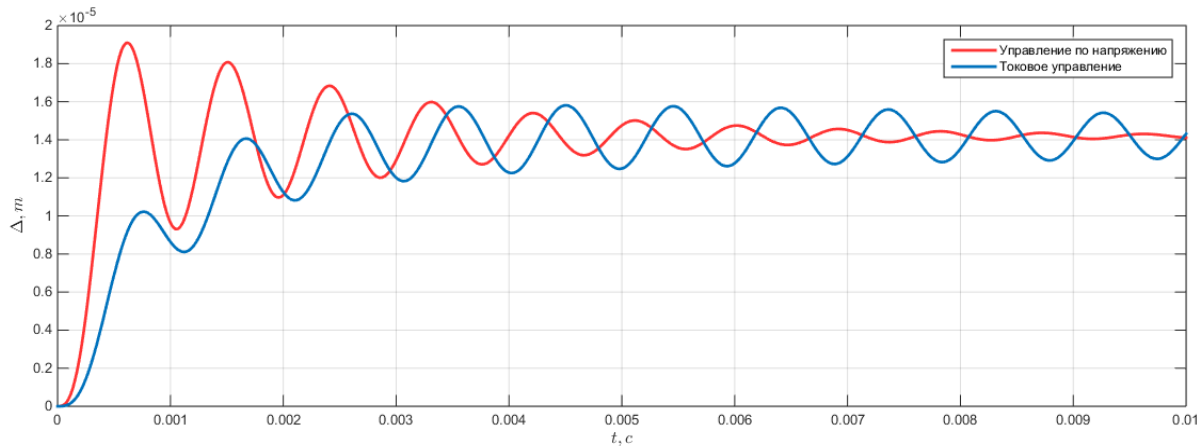


Рис. 6. Графики переходных процессов для схем управления по току и напряжению

Анализируя полученные графики, можно сказать, что способ включения с управлением по току делает систему менее жесткой. Данный способ включения больше подходит для систем подавления вибраций.

В схеме с управлением ПА от источника заряда усилитель охвачен соответствующей обратной связью. Измерительная емкость существенно больше собственной емкости пьезоактюатора (рис. 7).

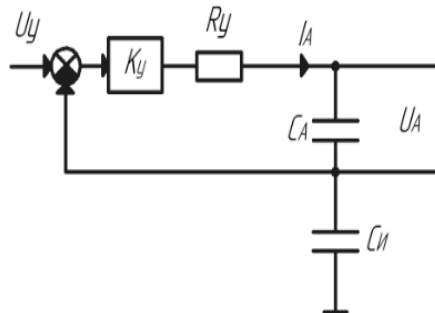


Рис. 7. Электрическая схема включения пьезоактюатора для управления величиной заряда емкости ПА

Составим систему уравнений описывающих динамику:

$$\begin{cases} m\ddot{\Delta}(p) + K_d\dot{\Delta}(p) + C_x\Delta(p) = K_o U_a(p) + F_c(p) \\ \left( \frac{C_a}{C_u} T_u p + \frac{C_a}{C_u} + \frac{C_a}{C_u} K_y + 1 \right) U_a(p) + U_a(p) = \cdot \\ K_y U_y(p) - \frac{K_{\pi}}{C_u p (T_u p + 1 + K_y)} \dot{\Delta}(p) \end{cases}$$

Схема моделирования для способа зарядового управления пьезоактюатором представлена на рис. 8, графики переходных процессов для способов управления по напряжению и зарядового управления изображены на рис. 9.

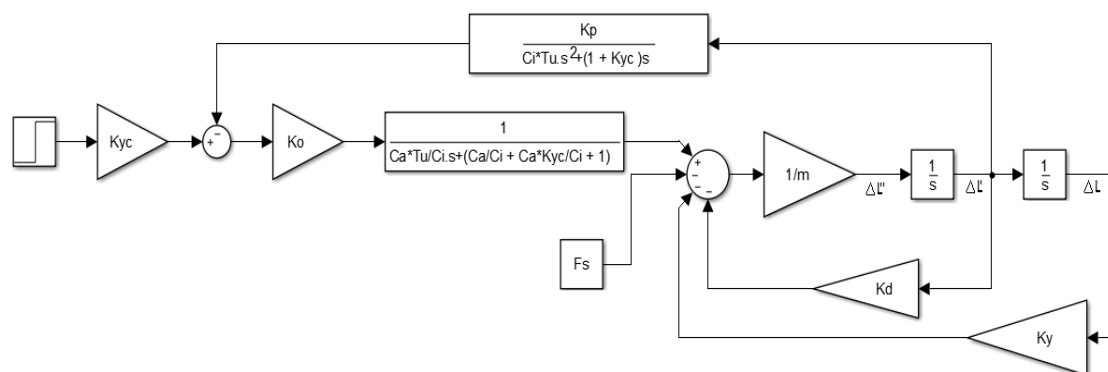


Рис. 8. Схема моделирования для способа зарядового управления ПА

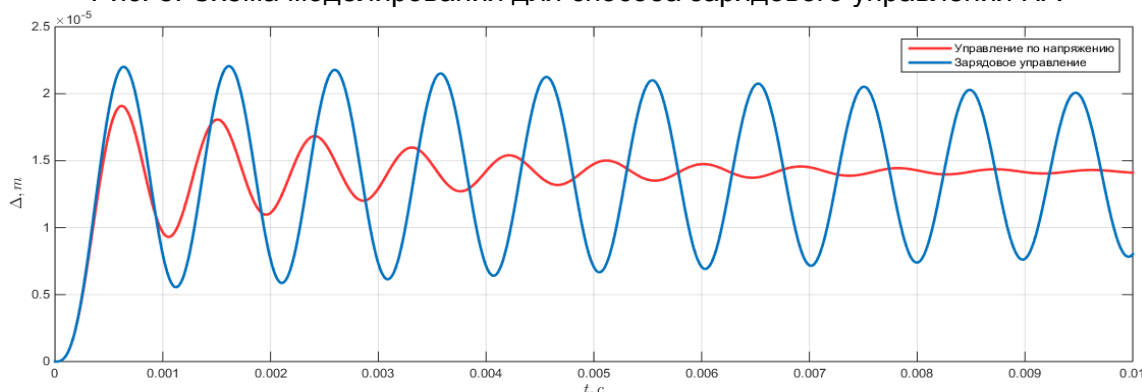


Рис. 9. Графики переходных процессов для способов управления по заряду и напряжению пьезоактюатора

Полученные результаты говорят о том, что способ включения пьезоактюатора при зарядовом управлении делает систему менее жесткой, увеличивается колебательность. Данный способ управления подходит для систем, работающих на высоких частотах: сканеры, оптико-механические развертывающие устройства.

В работах по экспериментальному исследованию данные способы линеаризации управления пьезоактюатора [3] показали хорошие результаты в задаче компенсации гармонических возмущений на частотах до 500–700 Гц.

В данной работе было произведено исследование основных вариантов включения пьезоактюатора в цепь с высоковольтным усилителем мощности. Способы включения с регулированием тока цепи пьезоактюатора и его заряда являются менее жесткими по сравнению с управлением по напряжению. Было установлено, что данные методы хорошо подходят для задач, где требуется производить компенсацию вибраций. Из плюсов стоит отметить тот факт, что наличие в схеме включения обратной связи позволяет уменьшить гистерезис. Управление по напряжению показало себя как самое простое и удобное в исполнении. В такой схеме для повышения быстродействия можно изменять значение сопротивления усилителя, что негативно сказывается на характере процесса – увеличивается колебательность. Для гашения колебаний, вызванных большой емкостной составляющей ПА, в схему для компенсации необходимо вводить демпфирующие элементы или использовать дополнительные алгоритмы управления.

### Литература

1. Никольский А.А. Двухканальные электроприводы с пьезокомпенсаторами: автореф. дис. ... доктора техн. наук. – М.: Моск. энергетический ин-т, 1991. – 40 с.
2. Никольский А.А. Точные двухканальные следящие электроприводы с пьезокомпенсаторами. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 160 с.
3. Никольский А.А. Точные самообучающиеся электроприводы станков некруглого точения. – М.: Адвансед солюшнз, 2016. – 219 с.

УДК 303.064

**УЛУЧШЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕТНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПРИМЕРЕ  
АВТОМАТИЗАЦИИ ОТДЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ УЧЕТА ТОВАРНО-  
МАТЕРИАЛЬНЫХ ЦЕННОСТЕЙ****Григорян Н.А.<sup>1</sup>****Научный руководитель – к.э.н., доцент Алексеева Л.Д.<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе рассмотрена одна из возможностей улучшения организации учетного процесса, отражающего движение товарно-материальных ценностей в крупной промышленной компании, использующей несколько систем для учета информации, предложены конкретные мероприятия по устранению перерасхода трудовых затрат.

**Ключевые слова:** организация учетного процесса, автоматизация учета, интеграция учетных систем, улучшение учетного процесса, учет товарно-материальных ценностей.

Рассматривая компанию как совокупность взаимосвязанных процессов, нельзя не отметить, что в современных условиях успешное их выполнение во многом зависит от используемых технологий и степени автоматизации работ. Учетный процесс – не исключение. В деятельности любой компании используется сложившаяся совокупность способов регистрации и преобразования учетной информации, разработаны алгоритмы решения отдельных задач, определены полномочия сотрудников, занятых в учетном процессе. Согласно установленным полномочиям, сотрудники, применяя средства, навыки и приемы, участвуют в учетном процессе. Это составляет технологию учета. Степень автоматизации учетного процесса отражает широту использования при этом саморегулируемых технических средств, позволяющих освободить человека от участия в этих процессах.

По мере развития техники и технологий, учетные процессы, осуществляемые в любой компании, становятся все сложнее, а их несовершенная организация может привести к отрицательным последствиям [1]. В таких условиях улучшение организации учетных процессов превращается для компании в один из важнейших вопросов, успешное решение которого способствует достижению запланированных целей деятельности учетного подразделения и всей компании в целом.

**Целью работы** являлось акцентирование внимания на одной из возможностей улучшения отдельной учетной операции посредством автоматизации обработки документов складского учета. Данное улучшение было внедрено в процесс учета движения товарно-материальных ценностей (ТМЦ) в крупной производственной компании, и может оказаться полезным при реализации его в других компаниях, применяющих для аккумулирования и обработки информации несколько учетных систем.

Организованный учетный процесс, как совокупность конкретных работ, производимых в определенной последовательности, по отдельным стадиям, тесно связанным между собой и в строгом соответствии с установленными правилами, представляет собой единую систему учета компании. Увеличение объема и сложности учитываемой информации, усиление требований со стороны ее пользователей, создает предпосылки для функционирования в рамках одной компании нескольких систем сбора и систематизации информации, которые впоследствии взаимно используют накопленные данные каждой исходя из установленного порядка учетного процесса [2]. Успешное функционирование учетной системы предполагает грамотное ее проектирование на начальном этапе и эффективную организацию различных элементов учетной деятельности в дальнейшем: алгоритмов учетных процессов; потребности в необходимых ресурсах; совокупности нормативно-правового обеспечения и сопровождения процесса учета комплекса задач и выполняемых функций и др. Кроме того, в процессе ее развития, вследствие влияния субъективных факторов внутренней и

внешней среды, необходим контроль и корректировка отдельных параметров учетного процесса с целью их совершенствования (пересмотр осуществляемых функций, установленной последовательности совершаемых операций, критериев качества результатов учетного процесса и др.).

В процессе учета движения ТМЦ – одного из наиболее сложных и объемных участков учетного процесса, решается несколько задач, основными из которых являются:

1. правильное и своевременное документирование всех операций по движению ТМЦ;
2. контроль сохранности материальных ценностей в местах их хранения и на всех стадиях обработки;
3. систематический контроль соблюдения установленных норм запасов, выявление излишних и неиспользуемых материалов.

В рамках крупной производственной компании данный функциональный участок является наиболее трудоемким в плане объемов учетных работ, касающихся формирования и обработки документов. Учетные процессы этого участка в рассматриваемой компании отражаются в двух системах: бухгалтерской, функционирующей на базе программного обеспечения 1С:Предприятие, систематизирующей данные для решения задач бухгалтерского учета и информационной производственной системе (ИПС), используемой для производственного планирования и накопления данных для целей управленческого учета. Операции складского учета по движению ТМЦ первоначально отражаются в ИПС, затем автоматически выгружаются в 1С:Предприятие, что безусловно ускоряет данный учетный процесс и получение необходимых отчетов; исключает дублирование однотипных операций, минимизирует количество ошибок по сравнению с ручным вводом данных в учетную систему. Фрагмент схемы взаимодействия двух учетных систем представлен на рисунке.



Рисунок. Фрагмент схемы взаимодействия двух учетных систем в части учета движения ТМЦ

Сотрудник склада, получая объект ТМЦ и сопроводительные документы, формирует электронную форму документа (приходный ордер) в ИПС. Затем ответственный пользователь запускает процедуру выгрузки в 1С:Предприятие одного документа или документов за выбранный период, в результате формируются бухгалтерские проводки по поступлению ТМЦ на склад. Аналогичным образом выгружаются и прочие документы, отражающие движение ТМЦ (требования-накладные на списание материалов в производство, накладные на перемещение материалов между складами и др.). В результате отражение стоимости и количества материалов на счетах бухгалтерского учета происходит раньше, чем сотрудник данного

участка получит первичные документы, а у сотрудника бухгалтерской службы возникает необходимость в отслеживании наличия документов, исключении их дублей, а также проверке правильности отражения реквизитов и строк каждого документа. В случае обработки многострочного документа, выполнение данной задачи становится достаточно трудоемким.

Наряду с явными преимуществами интеграции двух учетных систем, в части обмена документами складского учета, автоматическая выгрузка документов выявила новые проблемы и трудности учетного процесса отдельных участков работы в виде роста трудозатрат на дополнительный – «сверочный» объем работы, что потребовало совершенствования этого процесса на данном этапе интеграции.

Увеличение трудозатрат на материальном участке бухгалтерской службы, возникшее вследствие систематических переработок сотрудников, занятых такой обработкой, роста интенсивности труда, повлекло за собой увеличение фонда оплаты труда службы и общей суммы затрат на ее содержание. Это не соответствовало утвержденным бюджетам компании на текущий год.

Анализ динамики трудозатрат в разрезе основных объектов учета материального участка бухгалтерской службы, свидетельствовал о том, что перерасход в основном был вызван обработкой документа «требование-накладная». Работа с этим документом занимала 71% всего доступного фонда рабочего времени на данном участке, при этом общие фактические трудозатраты этого функционального участка на 20% превысили годовую норму (табл. 1).

Таблица 1. Данные о годовой сумме трудозатрат, на материальном участке бухгалтерской службы анализируемой компании за 2016 г.

Виды объектов учета (обрабатываемых документов)	Кол-во объектов учета в год, шт.	Время, затрачиваемое на один объект учета		Трудозатраты в год, чел./ч	Структура годового объема трудозатрат, %
		мин	ч		
Товарная накладная от поставщиков, приходный ордер	32 000	3,5	0,058	1 856	31
Требование-накладная	168 000	1,5	0,025	4 200	71
Иные виды работ и операций, не участвующие в анализе (20% от годовой нормы трудозатрат)	–	–	–	1 050	18
Итого фактические трудозатраты	–	–	–	7 106	120
Годовая норма трудозатрат исходя из 3-х штатных единиц на участке*	–	–	–	5 922	100

\* годовая норма рабочего времени по производственному календарю 2016 г. равна 1974 ч

После проведения анализа причин роста трудозатрат, были произведены мероприятия по сокращению времени на обработку документов, отражающих движение ТМЦ внутри компании (требований-накладных). Суть мероприятий заключалась в следующем: созданным и распечатанным из ИПС документам были присвоены индивидуальные штрих-коды, а на рабочем месте бухгалтера материального участка установлен сканер штрих-кодов для их считывания. С помощью внешней программной обработки, разработанной сотрудниками ИТ-службы компании для

программы 1С:Предприятие, при сканировании документа, происходило отслеживание их наличия путем записи даты и времени проверки в дополнительное поле электронного документа в системе. Кроме того, стала возможной проверка измерителей хозяйственной операции; корректности заполненных реквизитов, выбранной аналитики учета (номера производственного заказа, статьи затрат, подразделения затрат). Также в электронное поле дополнительных сведений проверяемого документа системы при сканировании автоматически вводилась информация о пользователе, осуществляющем проверку, и другие необходимые данные.

После реализации данного решения время, затрачиваемое на обработку 1 документа, сократилось с 1,5 мин (0,025 ч) до 30 с (0,008 ч). Это привело к сокращению годовой суммы трудозатрат на 2856 чел./ч, или на 40%. Данные для сравнения годовой суммы трудозатрат на материальном участке, после принятия мер по улучшению организации учетного процесса, представлены в табл. 2.

Таблица 2. Сравнение годовой суммы трудозатрат на материальном участке до и после принятия мер по улучшению организации учетного процесса

Виды объектов учета (обрабатываемых документов, производимых операций)	Трудозатраты в год, чел./ч		Изменения	
	До принятия мер	После принятия мер	чел./ч (гр.3/гр.2)	% (гр.4/гр.2)
Товарная накладная от поставщиков, приходный ордер	1 856	1 865	Автоматизация не осуществлялась	
Требование-накладная	4 200	1344	-2 856	68
Иные виды работ и операций, не участвующие в анализе (20% от годовой нормы трудозатрат)	1 050	1 050	Автоматизация не осуществлялась	
Итого фактические трудозатраты материального участка (3 работника)	7 106	4 250	-2 856	40
Годовая норма трудозатрат (исходя из трех штатных единиц на участке и годовой нормы времени, равной 1974 рабочих часа)	5 922	5 922	–	–
Экономия (–), перерасход (+) трудозатрат	+1 184	–1 672	–2 856	–

Снижение годовой суммы трудозатрат в результате применения улучшений организации учетного процесса на материальном участке учета позволило не только получить экономию фонда рабочего времени бухгалтерской службы, но и снизить интенсивность работы сотрудников, занятых данными операциями, минимизировать количество ошибок, сократить расходы на оплату сверхурочного труда, повысить производительность труда.

Применение автоматизации учетных и аналитических процедур и интеграция учетных систем коренным образом меняет характер труда учетного персонала компаний. Такой труд становится более творческим и эффективным [2, 3]. Все это существенно влияет на повышение качества результата процессов учета и работы бухгалтерской службы в целом. Такой результат учетного процесса в большей степени удовлетворяет всем необходимым требованиям пользователей и установленным характеристикам. В конечном счете – это способствует повышению научной обоснованности управленческих решений, что впоследствии определяет эффективное достижение запланированных целей деятельности компании.

Для успешного совершенствования учетных процессов необходимо максимально и своевременно использовать потенциал каждой из систем, большое внимание уделять параметрам их состыковки на этапе отладки интеграционных процессов, предотвращая возникновение перерасхода ресурсов.

### Литература

1. Сорокина Л.Н. Проблемы внедрения автоматизации учета и подготовки отчетности в условиях перехода на международную систему финансовой отчетности // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2014. – № 3. – С. 13–17.
2. Малявко А.Б. Интеграция видов учета в информационной учетной системе коммерческой организации: дис. канд. экон. наук. – Волгоград, 2009. – 171 с.
3. Слободняк И.А., Пискунов И.В. Актуальные проблемы автоматизации бухгалтерского учета // Международный бухгалтерский учет. – 2014. – № 1. – С. 16–22.

УДК 004.89

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕРТОЧНЫХ СЕТЕЙ В РАСПОЗНАВАНИИ ШОКИРУЮЩИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Гуляев П.А.<sup>1</sup>

Научный руководитель – к.ф.-м.н. Фильченков А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

С ростом объема контента в социальных сетях человек уже не успевает справляться с модерацией данных от незаконного или неприемлемого контента, что ведет к необходимости создания автоматической системы определения шокирующих материалов. В работе исследованы различные методы распознавания (на основе использования сверточных нейронных сетей) изображений человеческих увечий среди бесконечного множества существующих изображений для разработки системы распознавания шок-контента.

**Ключевые слова:** машинное обучение, распознавание изображений, одноклассовая классификация, сверточная нейронная сеть, сверточный автокодировщик.

**Введение.** В настоящее время социальные сети и поисковики предпочитают блокировать шок-контент по жалобам пользователей или не блокировать вообще, что неприемлемо по многим причинам. Вот некоторые из них:

1. пользователю все равно приходится ознакомиться с шокирующими материалами перед подачей жалобы, что может психологически травмировать человека, особенно при регулярной работе с подобными материалами (например, журналистами);
2. отсутствие автоматического распознавания неприемлемого контента может привести к созданию закрытых сообществ потенциально опасных для общества людей, регулярно просматривающих или загружающих шок-контент в сеть;
3. большое количество шокирующих изображений в открытом доступе ведет к пропаганде самоубийств и жестокости;
4. распространение киберсуицидальных договоров.

Первая проблема, с которой сталкиваются разработчики распознавателя шокирующих изображений, является отсутствие конкретного определения, что является шок-контентом. Так, в одной из первых работ по распознаванию жестокости на изображениях [1] в качестве данных для обучения использовались изображения, полученные вводом релевантных запросов в Google-изображения. Несмотря на хорошие результаты, представленные в работе (90,1±1,5% точности), такой неаккуратный сбор данных привел к результатам, представленным на рис. 1. К тому же подход, используемый авторами (bag of words с использованием различных



выделенных фичей), не учитывает отношения различных частей изображения, что критически важно при распознавании жестокости.



Рис. 1. Изображения, классифицируемые системой [1] как жестокие

В другой работе [2] исследователи распознавали изображения из фильмов ужасов с использованием понятия контекста изображения, что является важным нововведением. Однако контекст и «ужасность» изображения определяется исключительно с помощью цветовых фичей, что неэффективно для распознавания шокирующих изображений.

Наконец в работе, использующей предобученные сверточные сети [3], основными недостатками является использование бинарной классификации и опять же очень небрежный (полуавтоматический) сбор данных. Бинарная классификация ведет к неопределенности работы сети, так как второй класс (нешокирующие изображения) включает в себя бесконечное множество изображений. По этой причине сеть определяет изображение гранаты, шокирующим изображением с высокой степенью вероятности, а изображение человека, с переломанным позвоночником – приемлемым.

Для однозначности данной работы было сужено понятие шок-контента. Под шок-контентом в работе подразумевались изображения реальной жестокости над людьми, крови, увечий и т.п.

**Цель работы** – разработка модели, эффективно распознающей изображения человеческих увечий среди прочих изображений.

**Исследование различных методов.** В работе были рассмотрены три основных подхода: одноклассовая классификация с помощью сверточных автокодировщиков (CAE) [4], одноклассовая классификация методом опорных векторов (OCSVM) по векторам значений предпоследнего слоя сверточной нейронной сети Inception v3 [5] и использование предобученной на базе изображений ImageNet сверточной сети Inception v3 для бинарной классификации. Модели оценивались по точности (precision), полноте (recall) и доле правильных ответов (accuracy). Все шокирующие изображения собирались вручную по причине большого количества нерелевантных изображений при поисковых запросах или полуавтоматическом сборе. Обучение производилось на 1521 изображении. 517 изображений использовались в тестовой выборке для обучения сети. В валидационной выборке было по 451 изображению в каждом классе.

Первый рассматриваемый метод использует сверточный автокодировщик (рис. 2). Работа сверточного автокодировщика состоит из трех шагов: сверточного шага, шага полносвязного кодирования и шага деконволюции. Суть свертки в том, что каждый фрагмент изображения умножается на матрицу (ядро) свертки поэлементно, а результат суммируется и записывается в аналогичную позицию выходного изображения. Слой сжатия представляет собой нелинейное уплотнение карты признаков, при этом группа пикселей (обычно размера  $2 \times 2$ ) уплотняется до одного пикселя, проходя нелинейное преобразование. После нескольких сверток и сжатий система перестраивается от конкретной сетки пикселей с высоким разрешением к более абстрактным картам признаков, которые интерпретируются как самые абстрактные понятия, выявленные из исходного изображения. Эти данные передаются на полносвязную нейронную сеть, в которой слой с самой маленькой размерностью называется кодирующим и находится в

середине сети (фактически эта полносвязная нейронная сеть является обычным автокодировщиком). После этого на шаге «развертки» слои деконволюции и повышения размерности (unpooling) выполняют операции, обратные свертке и сжатию соответственно, восстанавливая исходное изображение и уменьшая ошибку восстановления при обучении.

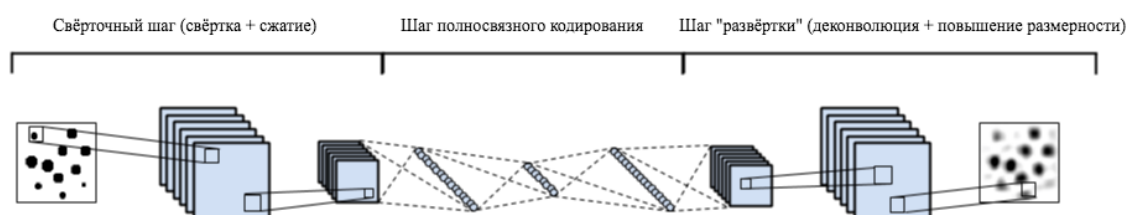


Рис. 2. Схема работы сверточного автокодировщика

Идея одноклассовой классификации состоит в том, что сверточный автокодировщик после обучения на заданном классе изображений (шок-контент) имеет меньшую ошибку восстановления изображений этого класса, чем ошибку восстановления любых других случайных изображений, подаваемых на вход. Отсюда можно попытаться установить границу ошибки восстановления, где меньшая границы ошибка восстановления будет относить изображение к классу шокирующих изображений, а большая ошибка — к классу нешокирующих изображений (пример работы представлен на рис. 3, ошибки восстановления разных классов отличаются на порядок). Было построено и обучено множество сверточных автокодировщиков с различными размерами и функциями активации:

1. шестислойный САЕ с  $\text{relu}$  на внутренних слоях и на выходе;
2. шестислойный САЕ с  $\text{tanh}$  на внутренних слоях и на выходе;
3. шестислойный САЕ с  $\text{tanh}$  на внутренних слоях и  $\text{relu}$  на выходе;
4. восьмислойный САЕ с  $\text{tanh}$  на внутренних слоях и  $\text{relu}$  на выходе;
5. тридцатидвухслойный САЕ с использованием VGG16 в качестве кодировщика;
6. тридцатидвухслойный САЕ с использованием предобученной VGG16 в качестве кодировщика.



Рис. 3. Оригинальные и восстановленные восьмислойным сверточным автокодировщиком изображения; под каждой парой изображений указана ошибка восстановления

Наилучшее восстановление показал восьмислойный автокодировщик, однако порог восстановления найти не удалось: ошибки восстановления у обоих классов

равномерно распределены по выборке. Возможной причиной неудачи является слишком широкое определение класса шокирующих изображений для такой маленькой выборки. Вывод делается на основе того, что при работе с резаными руками (маленькая выборка из 150 изображений) шестислойный CAE показал 0,86 точности на валидации после выделения порога с помощью F1-score. Фотографии резаных рук очень похожи друг на друга и явно могут быть объединены в один класс изображений.

Второй рассматриваемый метод распознавания шокирующих изображений использует OCSVM по векторам значений предпоследнего слоя сверточной нейронной сети Inception v3, предобученной на базе изображений ImageNet. В методе используются вектора значений предпоследнего слоя, так как на этих данных используются самые абстрактные понятия, выявленные из исходных изображений. На последнем слое обычной сверточной сети происходит классификация изображений по предлагаемым классам. При таком дискретном подходе сверточная сеть по распознаванию кошек и собак выдаст непредсказуемый результат при подаче на вход фотографии ежа. В данной работе можно выделить два класса: шокирующие и нешокирующие изображения, однако класс нешокирующих изображений включает в себя бесконечное множество классов, которые невозможно полностью покрыть обучающей выборкой. В связи с этим возможен непредсказуемый результат для изображений, непохожих ни на одно в обучающей выборке. По этой причине было принято решение использовать OCSVM для построения разделяющей гиперплоскости области шокирующих изображений на пространстве векторов предпоследнего слоя сети. При построении модели использованы различные ядра и их параметры, результаты валидирования лучшей модели представлены на рис. 4, а. Точность модели: 0,78968; полнота: 0,88248; доля правильных ответов: 0,82373.

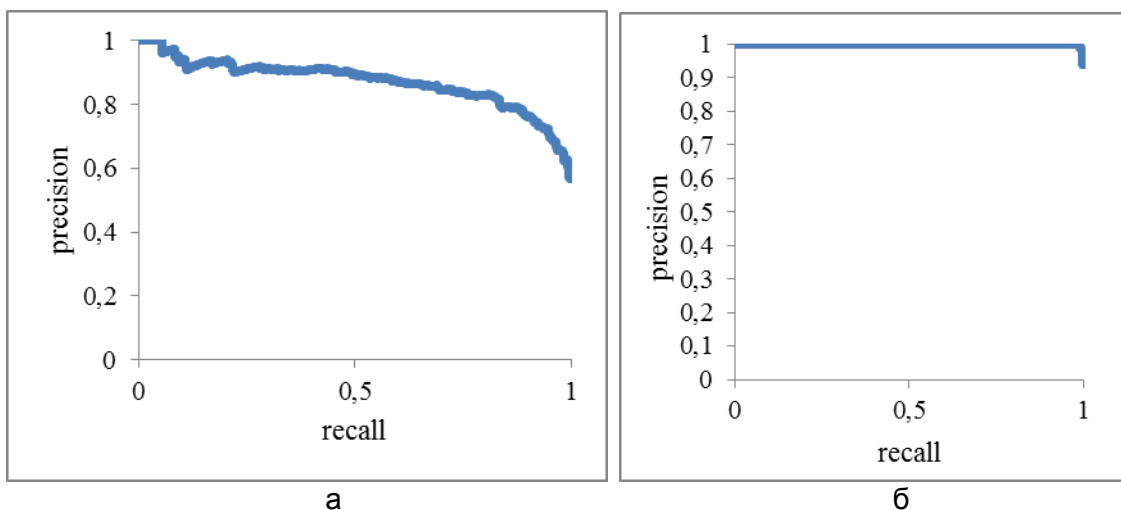


Рис. 4. Precision-recall кривая лучшей OCSVM-модели (а) и предобученной Inception v3 (б)

Третьим методом распознавания является дообучение предобученной на базе изображений ImageNet сверточной сети Inception v3. В данном случае для обучения и тестирования сети было дополнительно загружено 1930 изображений для рабочего стола, которые можно принять за случайные, а также 256 собранных вручную «граничных случаев», которые с высокой степенью вероятности могут быть приняты сетью за шокирующие, но таковыми не являются. Несмотря на недостатки такого подхода, описанные выше, на практике это дает наилучшие результаты, представленные на рис. 4, б. Точность модели: 0,99114; полнота: 0,99332; доля правильных ответов: 0,98891.

**Заключение.** Несмотря на невозможность корректно представить класс нешокирующих изображений и ведущую в связи с этим неопределенность классификации изображений, непохожих ни на одно изображение в обучающей выборке, бинарная классификация сверточной сетью показывает значительно лучшие результаты в сравнении с применением одноклассовых классификаций.

### Литература

1. Wang D., Zhang Z., Wang W., Wang L., Tan T. Baseline results for violence detection in still images // *Advanced Video and Signal-Based Surveillance*. – 2012. – P. 54–57.
2. Li B., Xiong W., Wu O., Hu W., Maybank S., Yan S. Horror image recognition based on context-aware multi-instance learning // *IEEE Transactions on Image Processing*. – 2015. – V. 24. – № 12. – P. 1158–1163.
3. Zampoglou M., Papadopoulos S., Kompatsiaris Y., Spangenberg J. A Web-Based Service for Disturbing Image Detection // *International Conference on Multimedia Modeling*. – 2017. – P. 438–441.
4. Building Autoencoders in Keras [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://blog.keras.io/building-autoencoders-in-keras.html>, своб.
5. Christian S., Vanhoucke V., Ioffe S., Shlens J. and Wojna Z. Rethinking the inception architecture for computer vision // *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. – 2016. – P. 2818–2826.

УДК 3977

### АНАЛИЗ РЫНКА ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА УДОВЛЕТВОРЕННОСТЬ РАСТИТЕЛЬНЫМ БЕЛКОМ

Елина Н.С.<sup>1</sup>

Научный руководитель – к.социол.н. Биккулов А.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

Работа написана на основе исследования рынка пищевой промышленности. **Цель исследования** – выяснить, готовы ли производства пищевой промышленности покупать растительный белок из люпина, так как планируется производство данной инновационной разработки. В работе приведены вопросы, которые задавались руководителям производств, технологам, отделам снабжения, а также сделаны выводы, исходя из ответов опрашиваемых. Также приведено сравнение популярной на данный момент сои и люпина.

**Ключевые слова:** люпин, растительный белок, соя, пищевая промышленность, опрос.

О целебных свойствах люпина уже писал Абу Али Ибн Сина (Авиценна) в своем знаменитом труде «Канон врачебной науки». Он использовал его при лечении опухолей, язв, воспаления седалищного нерва, как мочегонное, указывал, что люпин «открывает закупорки в печени и в селезенке». Начиная с 30-х годов XX века, люпин используется для профилактики диабета, что обусловлено присутствием в нем хинолизидиновых алкалоидов. Экстракты алкалоидов из люпина оказывают положительное влияние на сердечно-сосудистую систему. Фитостерон и сквален в масле люпина – сырье для медицинских препаратов при кожных заболеваниях, атеросклерозе.

Для организма человека необходим белок. В среднем необходимо потреблять в день 70 г белка. На один килограмм веса должно приходиться 0,8–1,1 г белков. Не случайны признаки недостатка белка в организме: хроническая усталость, ухудшение работоспособности, снижение концентрации внимания, потеря

мышечной массы, снижение обмена веществ – набор лишнего веса, выпадают волосы, слоятся ногти, появляются морщинки, гормональный сбой, нарушение работы кишечника, отечность, заболевания опорно-двигательного аппарата, снижение иммунитета, уменьшение прочности сосудов – риск развития сердечно-сосудистых заболеваний, длительное заживление ран, тяга к сладкому (углеводная зависимость).

Ни одна ферментативная деятельность невозможна без белка, так как все ферменты содержат белковые компоненты. Если проанализировать любой отдельно взятый гормон, то он окажется белком. Факторы плазменного (гуморального) иммунитета являются сложными белковыми комплексами. Сокращение абсолютно всех мышц, в частности, дыхательной мускулатуры, происходит исключительно благодаря специфическому взаимодействию белков актина и миозина.

Наконец, известный всем гемоглобин, который переносит в составе эритроцитов жизненно необходимый кислород – также является белком со сложной четвертичной структурой. Данного небольшого перечня достаточно для того, чтобы осознать невозможность жизнедеятельности нашего организма без белков.

За рубежом же давно оценили выгодность использования белка из люпина, и его активно используют в пищевой промышленности. У жителей Перу, Эквадора и Боливии – это растение стоит в одном ряду с кукурузой и картофелем.

Если сравнивать сою и люпин, то соя состоит из 40% белка, а люпин – на 50%.

Люпин также содержит витамины: РР, А, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>6</sub>, С. А также богатый спектр минеральных солей: калий, железо, цинк, медь, кальций, селен, марганец. Наблюдается обилие полиненасыщенных жирных кислот (5–20%). В сырых бобах масса протеина составляет 2,7%, в сухих доходит до 40%. Имеются горькие алкалоиды лупинин и лупанин, количество может достигать до 1,7%. В наличии углеводы (7,5 г), зола (1,2 г), пищевые волокна (4,3 г). Польза бобов люпина – отсутствуют ингибиторы, вещества задерживающие процессы пищеварения и подавляющие всасывание полезных веществ. Имеется гликопротеин – вещество, способное заменить инсулин.

Для создания малого инновационного предприятия (МИП) была выбрана разработка «Получение концентрата белков люпина методами биотехнологии и создание инновационных продуктов сложного сырьевого состава на его основе». Данная разработка имеет патент № 2555528 РФ с датой приоритета 10.02.2014 г. [1].

Растительный белок активно используется в таких областях пищевой промышленности как спортивное питание, детское питание, хлебобулочная промышленность, молочная промышленность, мясная промышленность, комбикорма для животных и другое.

В основном нуждающиеся в растительном белке производства закупают продукцию за границей, чаще всего в Китае. В России есть организации, которые занимаются производством растительного белка из люпина, делается это для производства комбикормов для животных. Для пищевых целей в основном используется соевый белок.

В данной работе было проведено исследование, с целью выяснить насколько актуален в России белок из люпина для пищевой промышленности [2].

Для этого было проведено исследование на тему: «Удовлетворенность производств растительным белком». Для этого были разработаны вопросы для опроса [3] и заданы вопросы руководителям производств, технологам, отделам снабжения:

1. сколько стоит растительный белок, который вы используете в производстве?

2. растительный белок из какого растения вы покупаете?
3. довольны ли вы качеством покупаемого белка?
4. если нет, то чем недовольны?
5. довольны ли вы поставками данного белка?
6. если недовольны, то чем?
7. почему выбрали этого поставщика растительного белка?
8. что вам нравится/не нравится в поставщике растительного белка?
9. слышали ли вы о растительном белке из люпина?
10. интересно ли вам о нем узнать?
11. если вы слышали, как вы к нему относитесь?
12. хотели бы вы его использовать в производстве?
13. в каких случаях вы бы стали использовать растительный белок из люпина?
14. в каких случаях вы бы поменяли поставщика?
15. что для вас самое главное в растительном белке?
16. что для вас самое главное в поставщике растительного белка?

Ответы были обобщены и сделан вывод:

- соя вызывает негативное восприятие как генно-модифицированный продукт, поэтому ее стараются по возможности не использовать;
- из-за дороговизны анализа сои на натуральность, ее некоторые организации не используют;
- также есть интерес заменить животный белок на растительный белок, так как это дешевле;
- у клиента есть необходимость быть уверенным, что белок из люпина безопасен и экологичен;
- у потенциальных клиентов появилось желание рассмотреть данную разработку из люпина и использовать ее в небольшой партии.

В настоящее время идут переговоры о производстве небольшой партии растительного белка из люпина.

Можно сделать вывод, что белок из люпина выгоднее использовать, чем из сои.

Выгоды использования белка из люпина:

- люпин дешевле сои;
- люпин подходит для тех, у кого есть аллергия на сою;
- натурально – так соя может быть генно-модифицированной, и анализ дорог;
- белок из люпина содержит больше белка, чем соя;
- белок больше подходит для вегетарианцев;
- белок из люпина безопасен и экологичен.

### Литература

1. Елина Н.С., Биккулов А.С. Анализ рынка пищевой промышленности на удовлетворенность растительным белком // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://openbooks.ifmo.ru/ru/file/4834/4834.pdf>, своб.
2. Елина Н.С. Исследование стратегий коммерциализации инноваций // Стратегии и инструменты управления экономикой: отраслевой и региональный аспект: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. – 2017. – С. 54–57.
3. Белай О.С., Мухаметзянова Д.Д. Стратегии коммерциализации инноваций и проблемы выведения инновационных продуктов на рынок // 57 Российское предпринимательство. – 2015. – Т. 16. – № 19. – С. 3209–3216.

УДК 004.02

**РАЗРАБОТКА УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО МЕТОДА АУДИОВИЗУАЛЬНОГО  
РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ НА ОСНОВЕ ВЕРОЯТНОСТНЫХ МОДЕЛЕЙ  
АКУСТИЧЕСКИХ И ВИЗУАЛЬНЫХ ЕДИНИЦ РЕЧИ**

Иванько Д.В.<sup>1</sup>, Рюмин Д.А.<sup>1</sup>

Научный руководитель – д.т.н., профессор Карпов А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

Представлен усовершенствованный метод аудиовизуального распознавания и моделирования речи на основе вероятностных моделей акустических и визуальных единиц речи. Данный метод основан на применении математического аппарата сдвоенных скрытых марковских моделей первого порядка с индивидуальными весами информативности аудио- и видеомодальностей речи для каждой модели. Сдвоенные скрытые марковские модели позволяют учитывать и моделировать естественную временную асинхронность потоков фонем и визем в слитной речи.

**Ключевые слова:** аудиовизуальное распознавание речи, скрытые марковские модели, визуальная речь, виземы, машинное обучение.

Одной из основных проблем при машинном распознавании аудиовизуальной речи является реализация правильного способа синхронизации и объединения информации от аудио- и видеомодальностей речи. Суть проблемы состоит в естественном рассогласовании двух речевых модальностей, т.е. потоки соответствующих фонем и визем в естественной речи не являются полностью синхронными, хотя в значительной степени перекрываются. Такой феномен вызван естественными ограничениями в динамике процесса речеобразования, инерционностью человеческих органов артикуляции и эффектом коартикуляции (взаимовлияние и взаимопроникновение соседних элементов разговорной речи). Он по-разному проявляется на акустическом и визуальном компонентах речи, что и вызывает определенную асинхронность между ними [1].

Сдвоенные скрытые марковские модели (ССММ, Coupled Hidden Markov Model) [2] были предложены для учета естественной для речеобразования временной асинхронности потоков соответствующих акустических и визуальных признаков речи.

В русской речи можно выделить несколько десятков различных фонем (разные фонетисты выделяют 40–50 фонем, в нашей системе используются 47, включая акустическую паузу), поэтому и ССММ в распознавателе речи насчитывается столько же. Различимых единиц видимой русской речи (визем) намного меньше – 10–12 (в зависимости от артикуляции диктора, в нашей системе используются 10). Поэтому применяется связывание (tying) распределений векторов наблюдений визуальных компонент в состояниях разных ССММ.

В разработанной автоматической системе распознавания используются модели 10 визем и 47 фонем (таблица). Символ «'» после согласной обозначает ее мягкость, а символ «!» обозначает полноударную гласную. Данный набор элементов применяется в разметке аудиовизуальных данных. Таким образом, общее количество ССММ в системе равняется числу распознаваемых фонем, но для ряда моделей их параметры являются общими, что упрощает и улучшает процесс обучения моделей в условиях ограниченных обучающих данных.

Таблица. Классы визем и их соответствие фонемам русской речи

Класс виземы	Обозначение класса в файлах разметки	Тип виземы (фонемы)	Соответствующие фонемы русской речи
V1	A	Неогубленные гласные (широкое открытие рта)	/a/, /a!/, /e!/
V2	I	Неогубленные гласные (остальные)	/y/, /y!/, /i/, /i!/

Класс виземы	Обозначение класса в файлах разметки	Тип виземы (фонемы)	Соответствующие фонемы русской речи
V3	O	Огубленные гласные звуки	/o!/, /u/, /u!/
V4	M	Губные согласные	/b/, /b'/, /p/, /p'/, /m/, /m'/'
V5	F	Губно-зубные согласные	/f/, /f'/, /v/, /v'/'
V6	SH	Альвеолярные фрикативные согласные	/sh/, /sch/, /ch/, /zh/
V7	R	Альвеолярные сонорные согласные	/l/, /l'/, /r/, /r'/'
V8	D	Зубные согласные	/d/, /d'/, /t/, /t'/, /n/, /n'/', /s/, /s'/', /z/, /z'/', /c/
V9	K	Заднеязычные согласные	/k/, /k'/', /h/, /h'/', /g/, /g'/', /j/
V10	SIL	Пауза (нейтральное положение губ)	sil

Увеличение общего количества состояний модели аудиовизуальной единицы речи с 6 до 9 требует несколько большей оперативной памяти при программной реализации системы, однако на скорости декодирования такое преобразование не сказывается из-за большей простоты алгоритма декодирования речи (алгоритм Витерби). Параметры двухпоточных СММ (матрица вероятностей переходов из состояния в состояние и распределения векторов признаков аудио- и видеоданных в скрытых состояниях) аудиовизуальных единиц речи вычисляются, используя модифицированный алгоритм Баума–Уэлча (EM-алгоритм) [3], добиваясь максимальной оценки правдоподобия модели на обучающей выборке мультимедийных речевых записей.

В предложенном методе распознавания речи используются независимые друг от друга высокоскоростная видеокамера и микрофон, отдельно вычисляются признаки аудио- и видеосигналов, объединение модальностей происходит на уровне моделей при вычислении вероятностей нахождения модели в конкретном двойственном состоянии (фонеме и виземе).

В реализованной программной системе распознавания аудиосигнал захватывается посредством аналогового микрофона Октава МК-012 через звуковую плату M-Audio и оцифровывается аналого-цифровым преобразователем звуковой платы с частотой дискретизации 44 кГц, 16 бит на отсчет. Для каждого сегмента речи и видеокadra вычисляются соответствующие вектора признаков, которые затем объединяются и поступают в декодер речи, основанный на модифицированном алгоритме Витерби для ССММ.

Усовершенствование метода аудиовизуального распознавания русской речи заключается в способе обучения единой ССММ и дальнейшей настройке весов пар фонема-визема индивидуально для каждой ССММ. Далее приведен пример ССММ, обученной на двух типах признаков: MFCC для акустической и PCA для визуальной частей.

Векторы признаков имеют размерность 12 и 32 элемента соответственно. Модель включает в себя 2 потока (STREAM) и 11 состояний (STATE).

Для распознавания слитной речи используется модифицированный алгоритм Витерби, называемый методом передачи маркеров (Token Passing Method). Метод передачи маркеров определяет прохождение возможных путей по состояниям объединенной СММ. В начало каждого слова ставится маркер, и применяется итеративный алгоритм оптимизации Витерби, сдвигая маркер на каждом шаге и вычисляя для него акустическую вероятность. Предположим, в каждом состоянии  $j$  СММ в момент времени  $t$  находится отдельный маркер, который содержит значение логарифма вероятности  $\psi_j(t)$  пройденной части пути. Этот маркер отображает



соотношение между наблюдаемой последовательностью от  $o_1$  до  $o_t$  и моделью, позволяющее заключить, что модель находится в состоянии  $j$  в момент времени  $t$ .

При достижении состояния конца некоторого слова в маркер записывается его индекс, а при выходе из каждого состояния маркеры размножаются (копированием) по числу дальнейших переходов в модели. При этом в маркер записывается его путь (история) через сеть. Когда маркер переходит от выходного состояния одного слова к входному состоянию другого, переход представляет собой потенциальную границу слов, которая и записывается в историю маркера.

В итоге после обработки всей последовательности векторов наблюдений выбирается маркер, имеющий наибольшую вероятность. Когда наилучший маркер достигает конца обрабатываемого сигнала (последовательности наблюдений), то путь, которым он проходит через сеть, известен в виде истории (хранящейся в маркере), и из маркера считывается последовательность пройденных слов, которая и является гипотезой распознавания фразы. Данная методика распознавания слитной речи эффективно используется в настоящее время для автоматического распознавания речи.

В системе необходимо обучить 47 отдельных ССММ, чтобы описать все аудиовизуальные единицы речи. После связывания распределений векторов наблюдений в состояниях моделей получены 30 плотностей вероятности для визуальных векторов и 141 плотность вероятности для акустических векторов признаков. Многомодальная система аудиовизуального распознавания речи обрабатывает акустические и визуальные вектора признаков от речевых модальностей параллельно и оценивает информативность каждой модальности. В стандартных ССММ или многопоточных СММ (МПСММ) – это делается путем задания глобальных весов информативности для потоков в целом [4] и использования этих весов как экспонент при вычислении вероятностей векторов наблюдений в состояниях модели. Однако очевидно, что некоторые фонемы и виземы являются более надежными при распознавании в изменяющихся окружающих условиях, чем остальные, и их вклад в точность распознавания речи выше. В этой связи используются индивидуальные веса информативности потоков в каждой ССММ для пары фонема-визема.

В разных акустических условиях одни модели фонем/визем более надежно и устойчиво работают, чем другие, поэтому важно оптимизировать веса информативности каждой индивидуальной аудиовизуальной модели. Усовершенствованный метод объединения аудио- и видеоинформации в процессе многомодального распознавания русской речи отличается применением асинхронных вероятностных моделей с индивидуальными весами информативности модальностей речи в моделях. Метод объединения аудио- и видеоинформации использует аппарат ССММ первого порядка. Это позволяет производить объединение потоков векторов признаков от звуковой и визуальной модальностей речи на уровне состояний объединенной вероятностной модели. Преимуществом данного метода является то, что он позволяет учитывать временное рассогласование (асинхронность) потоков соответствующих единиц звучащей речи (фонем) и визуальной речи (визем), характерное для разговорной речи, и объединять информацию о двух речевых модальностях с учетом их информативности.

### Литература

1. Katsaggelos K., Bahaadini S., Molina R. Audiovisual Fusion: Challenges and New Approaches // Proc. of the IEEE. – 2015. – V. 103. – № 9. – P. 1635–1653.
2. Huang J., Kingsbury B. Audio-visual deep learning for noise robust speech recognition // Proc. IEEE Int. Conf. Acoust. Speech Signal Process. – 2013. – P. 7596–7599.
3. Lahat D., Adall T., Jutten C. Challenges in multimodal data fusion // Proc. Eur. Signal Process. Conf. – 2014. – P. 101–105.

4. Rajavel R., Sathidevi P.S. Adaptive reliability measure and optimum integration weight for decision fusion audio-visual speech recognition // J. Signal Process. Syst. – 2012. – V. 68. – № 1. – P. 83–93.

#### УДК 004.04

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК БАЗОВЫХ АЛГОРИТМОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ В УСЛОВИЯХ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОЙ ВЕБ-АРХИТЕКТУРЫ И ОГРАНИЧЕННОСТИ РЕСУРСОВ

Иванько Д.В.<sup>1</sup>

Научный руководитель – д.т.н., профессор Тропченко А.Ю.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

Мобильные устройства накладывают весьма серьезные ограничения на алгоритмы распознавания лиц, такие как вычислительная сложность, объем используемой памяти, распределение вычислений и др. Исследование алгоритмов распознавания лиц, эффективно действующих в условиях ограниченности ресурсов, составляет предмет отдельной области исследования. С целью выявить основные особенности алгоритмов, эффективно действующих в условиях ограниченности ресурсов клиент-серверной архитектуры, и проведено данное исследование алгоритмов распознавания лиц.

**Ключевые слова:** распознавание лиц в условиях ограниченных ресурсов, клиент-серверная архитектура, мобильные устройства.

**Область распознавания лиц.** Одной из первых работ по распознаванию лиц является диссертация Takeo Kanade 1973 года [1]. Значительным развитием техники распознавания лиц было применение в 1991 году методов собственных векторов «Eigenfaces» 1D PCA [2] и затем в 1997 году применение «Fisherfaces» [3]. В этом же 1997 году, впервые было предложено использование сверточных нейронных сетей (CNN) для задач распознавания лиц [4]. Следующий этап развития связан с применением 2D-преобразований, наиболее полно описанных в работе Г.А. Кухарева [5].

Современные «state-of-the-art» алгоритмы, показывающие одни из самых высоких результатов распознавания лиц на сегодняшний день, – это алгоритмы: «Facebook: Deep Face», представленный в работе [6], и «Google: FaceNet» [7]. Оба алгоритма основаны на CNN. По сведениям работы [8], алгоритмы используют обучающие базы в 100–200 млн изображений, что на порядки больше, чем доступные для открытых исследований базы данных.

Распознавание лиц – это динамически развивающаяся область, в среднем около тысяч статей публикуются ежегодно, на рисунке представлено ежегодное количество публикаций в данной области [9].

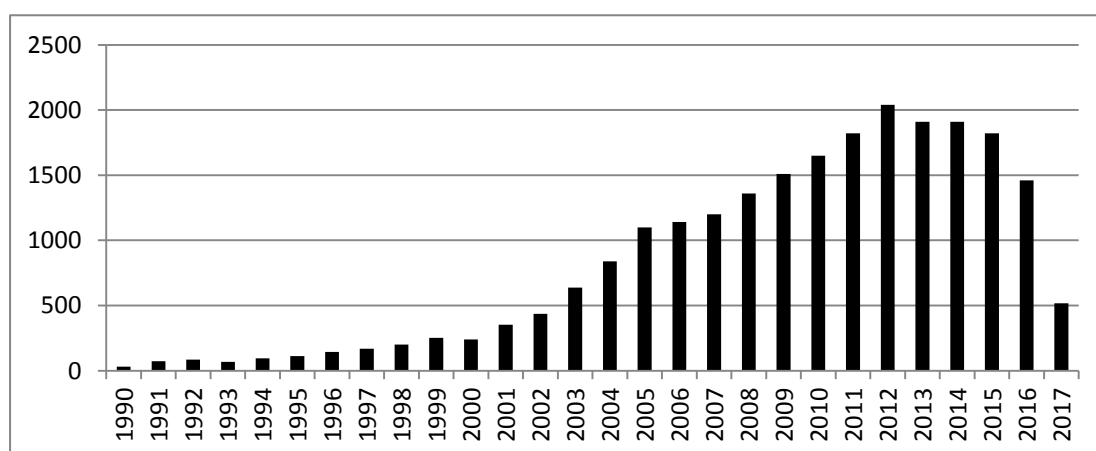


Рисунок. Ежегодное количество публикаций в области распознавания лиц (по данным «Google Scholar» на английском языке, данные актуальны на 23.06.2017)

Большинство из реализованных клиент-серверных системы распознавания лиц на данный момент, используют только базовые алгоритмы распознавания лиц. Обычно их называют «off-the-shelf» или «алгоритмы с полки». К ним относятся такие алгоритмы как «Eigenfaces», «Fisherfaces», LBP и другие. Эффективность данных алгоритмов авторы оценивают от 85 до 99% вероятности правильного распознавания (табл. 1). Однако эксперименты проводились только на собственных базах изображений, собранных в лабораторных условиях, или на хорошо известных, но не «мобильных» базах изображений лиц, таких как ORL, Yale и др. Если сравнивать эти алгоритмы на более сложных базах данных, например, таких как «Labeled Faces in the Wild» (LFW), то сразу можно увидеть большую разницу между передовыми «state-off-the-art» алгоритмами и используемыми в данный момент «off-the-shelf».

Таблица 1. Эффективность современных методов распознавания

Метод	Вероятность правильного распознавания
Human-level (cropped) [10]	0,9753
Eigenfaces (no outside data) [2]	0,6002+/-0,0079
FaceNet [6]	0,9964+/-0,009
DeepFace-ensemble [7]	0,9735+/-0,0025
OpenFace [8]	0,9292+/-0,0134

В табл. 2 представлены результаты сравнения алгоритмов распознавания лиц на базе базового алгоритма «Fisherfaces». Рядом с базой изображений лиц представлено следующее сокращение ( $x/y/z$ ), которое обозначает, что « $x$ » процентов от общего количества классов в базе изображений лиц используются для обучения алгоритма распознавания лиц, « $y$ » процентов изображений в каждом классе используются для тестирования, « $z$ » процент классов используется для тестирования алгоритма в условиях «открытой» задачи. «Открытая» задача подразумевает наличие изображений, не принадлежащих никакому классу, и система распознавания лиц должна относить подобные изображения в отдельный класс «неизвестных». Открытая задача является наиболее сложным и важным сценарием использования системы распознавания лиц.

Таблица 2. Сравнение алгоритмов распознавания лиц, с использованием базового алгоритма «Fisherfaces»

Алгоритм	Количество эталонов, используемых для распознавания						
	1	2	3	4	5	6	7
ORL (25/30/50)LDA(10×10) close	0,43	0,66	0,74	0,82	0,84	0,89	0,91
ORL (25/30/50)LDA(10×10) open	0,37	0,54	0,60	0,66	0,68	0,73	0,77
QR3_ORL (25/30/50)LDA(10×10) open	<b>0,69</b>	<b>0,86</b>	<b>0,93</b>	<b>0,94</b>	<b>0,94</b>	<b>0,94</b>	<b>0,98</b>
QR3_ORL (25/30/50)LDA(10×10) open	0,58	0,70	0,75	0,77	0,79	0,80	0,83
ORL 'nobalance' (25/30/50)LDA(10×10) open	0,41	0,63	0,74	0,83	0,84	0,89	0,94
ORL 'nobalance' (25/30/50)LDA(10×10) open	0,34	0,52	0,62	0,68	0,69	0,72	0,77
ORL 'qz' (25/30/50)LDA(10×10) open	0,57	0,78	0,86	0,89	0,92	0,93	<b>0,98</b>
ORL 'qz' (25/30/50)LDA(10×10) open	0,48	0,63	0,68	0,70	0,74	0,77	0,81

В заключение авторами отмечена высокая готовность отрасли к созданию действующих, готовых решений, использующих алгоритмы распознавания лиц на практике:

- в данный момент уже существуют базы изображения лиц, собранные с мобильных устройств и предназначенные для развития алгоритмов распознавания лиц;
- существуют первые фреймворки и библиотеки, обеспечивающие доступность передовых алгоритмов распознавания лиц для мобильных устройств;
- существует большое количество техник оптимизации вычислений для мобильных устройств распознавания лиц.

Большинство теоретических работ рассматривают только эффективность распознавания лиц, но не проводят полноценных исследований скорости и экономии энергии на мобильных устройствах. В большинстве же практических работ, где представляется готовый прототип системы, проводятся расчет экономии энергии и скорости вычисления, но эксперименты по распознаванию либо не проводятся вообще, либо проводятся не совсем корректно. Лишь немногие работы рассматривают все три критерия одновременно, когда исследуют мобильные системы распознавания лиц [11, 12].

### Литература

1. Kanade T. Picture processing system by computer complex and recognition of human faces. Doctoral dissertation. – Kyoto University. – 1973. – V. 3952. – P. 83–97.
2. Turk M. and Pentland A. Eigenfaces for recognition // *Journal of cognitive neuroscience*. – 1991. – V. 3(1). – P. 71–86.
3. Belhumeur P.N., Hespanha Jo~ao P. and Kriegman D.J. Eigenfaces vs. fisherfaces: Recognition using class specific linear projection. *Pattern Analysis and Machine Intelligence // IEEE Transactions on*. – 1997. – V. 19(7). – P. 711–720.
4. Lawrence S., Giles C.L., Tsoi A.Ch. and Back A.D. Face recognition: A convolutional neural-network approach // *Neural Networks, IEEE Transactions on*. – 1997. – V. 8(1). – P. 98–113.
5. Kukharev G., Forczmanski P. Face Recognition by Means of Two-Dimensional Direct Linear Discriminant Analysis // *Proc. of the Eighth Int. Conference PRIP*. – 2005. – P. 280–283.
6. Taigman Y., Yang M., Ranzato M.A. and Wolf L. Deepface: Closing the gap to human-level performance in face verification. In *Computer Vision and Pattern Recognition*. – 2014. – P. 1701–1708.
7. Schroff F., Kalenichenko D. and Philbin J. Facenet: A unified embedding for face recognition and clustering // *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. – 2015. – P. 815–823.
8. Amos B., Ludwiczuk B. and Satyanarayanan M. OpenFace: A general-purpose face recognition library with mobile applications [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwi95Lnov6TVAhWDDpoKHQIuDjMQFggpMAA&url=http%3A%2F%2Ffelijah.cs.cmu.edu%2FDOCS%2FCMU-CS-16-118.pdf&usq=AFQjCNGsBiTL0WgihCJ6oH2StUmepog3Sg&cad=rjt, своб.>
9. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vis-www.cs.umass.edu/lfw/results.html#eigenfaces>, своб.
10. Kumar N., Berg A.C., Belhumeur P.N. and Nayar Sh.K. Attribute and simile classifiers for face verification // In *Computer Vision, 2009 IEEE 12th International Conference on*. – 2009. – P. 365–372.
11. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.biometricsinstitute.org/>, своб.
12. Institute B. Biometrics institute industry survey. – Tech. rep., Biometrics Institute, 2015.

УДК 004.93

## ОБЗОР СИНТЕЗА ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ РЕЧИ

Калиев А.<sup>1</sup>Научный руководитель – д.т.н. Матвеев Ю.Н.<sup>1</sup><sup>1</sup>Университет ИТМО

**Целью работы** являлось предоставление краткого обзора развития эмоционального синтеза речи. Разработка синтеза речи, способного к имитации эмоциональных состояний остается актуальной задачей. Рассмотрены методики синтеза речи, подходы анализа и оценки параметров эмоциональной речи, проблемные стороны методов определения эмоциональной речи в синтезе речи, а также их преимущества и недостатки.

**Ключевые слова:** синтез речи, просодика, голос, аудиокниги, эмоциональная речь.

Как программное приложение или интегральная часть операционной системы, синтез речи появилась вначале в 1980-х в компьютерах, таких как Apple Macintosh и Commodore Amiga [1]. До середины 1980-х исследование в этой области могли позволить себе только крупные лаборатории и компании, но появление относительно дешевых и мощных компьютеров сподвигнуло распространению исследования по многим университетам и лабораториям. В дальнейшем с увеличением компьютерной памяти и вычислительной мощности, исследователи искали пути улучшения качества синтеза речи, что породило множества методов конкатенаций речи [2].

Несмотря на огромные усилия многих великолепных ученых имитировать физические процессы, качество синтеза речи оставалась неестественным и неприемлемым для человеческого слуха. Имитировать физические процессы пытались с помощью генерации артикулярной модели вокального тракта, затем путем синтеза модели из спектральной временной изменчивости и из временных свойств речи, а позже с помощью конкатенации речевых элементов [3]. Одна из причин неуспешности синтеза речи с помощью конкатенации стало то, что элементы, использовавшиеся для склеивания были записаны в лабораториях, где речь была специально записана в просодическом нейтральном тоне. Хотя речевые элементы содержали соответствующие спектральные характеристики для заданной звуковой последовательности, они не могли достаточно правильно моделировать различные динамические артикуляторные характеристики этой последовательности в разных контекстах [4].

В это время под влиянием успехов технологии распознавания речи, синтез речи применял на себе методы машинного обучения, используя для этих целей записи речевых корпусов. Так, скрытое марковское моделирование применялось в синтезе для оценки гладкости конкатенации между двумя элементами и для сглаживания спектральных разрывов [5].

Для изучения просодических характеристик первыми Хиршберг вместе с ее коллегами применили деревья принятых решений для предсказания просодики [6, 7], то уже потом ряд ученых для той же цели использовали деревья принятых решений в комбинации с марковскими процессами [8], скрытые марковские модели [9]. Также Сильверман в 1993 году показал, что просодика намного лучше предсказывается, когда сама модель обучалась на предметно-ориентированном корпусе [10].

Одновременно начались попытки создания синтеза эмоциональной речи. Важнейшими компонентами эмоционального синтеза речи станет речевой корпус и разметка экспрессии речи в корпусе. В большинстве подходов для каждой эмоциональной категорий речи создавались отдельные корпуса [11]. Однако создание таких корпусов требует больших затрат финансов и времени. Как следствие, ученые начали использовать аудиокниги [12–14] как возможный источник эмоциональных

высказываний для подготовки обучающих данных. Будут предложены методы сбора речевых характеристик для разной категории эмоций, основанных только на текстовой обработке самих книг. Основная идея будет заключаться в использовании текстовых описаний различных ролей и образов подачи их речей в книге. Жэкели и др. [15] предложат метод проекций речевых характеристик к различным эмоциональным кластерам речи. В основе речевых характеристик [15] будут параметры голоса.

Однако возникнет другая проблема, связанная с достоверностью полученных результатов. Невозможно будет определить, как каждая группа ученых выделяет ту или иную эмоциональную категорию. Фактически, это будет зависеть только от субъективного мнения самих ученых. Соответственно у ученых нет единого мнения о том, какие важны эмоциональные категории и их общепринятые методы выделения из речевых корпусов.

Также у ученых нет единого мнения о том, насколько сама просодика или сам голос влияют на ту или иную выразительную речь, поскольку результаты экспериментов покажут, что некоторые эмоциональные стили могут быть достигнуты разной комбинацией просодики и голоса. Возможно, существует множество стратегий комбинаций просодики и голоса для достижений эмоциональной речи.

В реальных условиях синтез эмоциональной речи все еще не применяется. Во многих исследованиях моделируется от трех до девяти дискретных эмоциональных состояний. Часто предполагается, что самым важным является моделирование несколько основных крайних эмоциональных состояний, когда как другие эмоциональные состояния могут быть выведены из них. В дополнение существует реальная необходимость разработки методики оценки адекватности настройки акустических параметров для конкретных случаев.

### Литература

1. Suenderman D., Höge H., Black A. Challenges in Speech Synthesis // *Speech Technology*. – 2010. – P. 19–32.
2. Black A., Lenzo K. Building Synthetic Voices. For FestVox 2.7 Edition. – 2014.
3. Taylor P. Text-to-Speech Synthesis [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
6. Hirschberg J. Pitch accent in context: predicting intonational prominence from text // *Artificial Intelligence*. – 1993. – P. 305–340.
7. Wang M., Hirschberg J. Automatic classification of intonational phrase boundaries // *Computer Speech and Language*. – 1992. – P. 175–196.
8. Ross K., Ostendorf M. Prediction of Abstract Prosodic Labels for Speech Synthesis // *Computer Speech and Language*. – 1996. – P. 155–185.
9. Black A., Taylor P. Assigning phrase breaks from part-of-speech sequences // *Computer Speech and Language*. – 1998. – P. 99–117.

10. Silverman K. On customizing prosody in speech synthesis: names and addresses as a case in point // Proceedings of the ARPA Workshop on Human Language Technology. – 1993. – P. 317–322.
11. Schroder M., Burkhardt F., Krstulovic S. Synthesis of emotional speech // In Blueprint for Affective Computing. – 2010. – P. 222–231.
12. Zhao Y., Peng D., Wang L., Chu M., Chen Y., Yu P., Guo J. Constructing Stylistic Synthesis Databases from Audio Books // Interspeech-ICSLP. – 2006. – P. 1750–1753.
13. Prahallad K., Toth A., Black A. Automatic Building of Synthetic Voices from Large Multi-Paragraph Speech Databases // Interspeech. – 2007. – P. 2901–2904.
14. Braunschweiler N., Gales M., Buchholz S. Lightly supervised recognition for automatic alignment of large coherent speech recordings // Interspeech. – 2010. – P. 2222–2225.
15. Szekeley E., Cabral J., Cahill P., Carson-Berndsen J. Clustering Expressive Speech Styles in Audiobooks Using Glottal Source Parameters // Interspeech. – 2011. – P. 2409–2412.

УДК 535.317

### АВТОМАТИЗАЦИЯ СИНТЕЗА СКЛЕЕННОГО КОМПОНЕНТА

Иванова Т.В.<sup>1</sup>, Калинкина О.С.<sup>1</sup>

Научный руководитель – к.т.н., доцент Иванова Т.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

Двухлинзовый компонент обширно используется в оптических системах, основной задачей которого является иметь близкую к апланатической коррекцию aberrаций, наиболее сложным этапом расчета является подбор сочетаний стекол. Рассмотрена оптимизация методики подбора стекол и программы «Синтез клеенного компонента» для автоматизации процесса расчета. Основное внимание сфокусировано на замене табличного подхода, предлагаемого ранее, для достижения свободы в выборе комбинаций стекол.

**Ключевые слова:** клеенный компонент, синтез, программа, каталог оптического стекла, aberrации третьего порядка.

Методика расчета клеенного объектива из двух линз разработана Г.Г. Слюсаревым [1]. Она состоит в расчете радиусов кривизны и определении пары стекол системы двух бесконечно тонких клеенных линз, обладающих заданными значениями трех параметров:  $P$  – параметр, определяющий сферическую aberrацию третьего порядка;  $W$  – параметр, определяющий кому третьего порядка;  $C$  – параметр, определяющий хроматическую aberrацию. Для упрощения данного этапа методика позднее доработана С.В. Трубко [2], который составил таблицы параметров различных комбинаций стекол. Недостатками данной методики, как и табличного подхода, в целом, являются: невозможность ухода от ограниченного количества марок стекол, входящих в ГОСТ 3514-76 «Стекло оптическое бесцветное. Технические условия»; необходимость использовать трудоемкую аппроксимацию для получения значений хроматического параметра, отличающихся от представленных в таблице; возможность неоднократного повторения рутинных и трудоемких операций расчета при вычислении поправок на aberrации пятого порядка, что, в свою очередь, затрудняет оценку близких между собой решений. Предлагаемая автоматизация не только упрощает и ускоряет процесс расчета, но и позволяет разработчику самому выбирать диапазон рассматриваемых материалов.

Методика Г.Г. Слюсарева и С.В. Трубко сводится к тому, чтобы по заданным параметрам, определяющим сферическую aberrацию третьего порядка, кому третьего порядка и хроматическую aberrацию ( $P$ ,  $W$ ,  $C$  соответственно) вычислить параметр  $P_0$ , определяющий минимальное значение сферической aberrации. Далее по таблицам [2]

выбирается несколько пар стекол, для которых параметры  $P_0$  и  $C$  имеют наиболее близкие к требуемым значения. Для найденных пар стекол берутся значения оптической силы объектива  $\phi$  и минимального значения инварианта Аббе  $Q_0$  на поверхности склейки. Затем рассчитываются конструктивные параметры исходного варианта объектива, после чего оценивается и вычисляется сферическая aberrация третьего и пятого порядка. Если найденный вариант не удовлетворяет необходимым условиям, то происходит корректировка значений вспомогательных параметров расчета по расчету хода реального луча, а иногда и полный повтор подбора стекол.

С.В. Трубка для упрощения вычислительной части разбил все стекла из ГОСТ 3514-76 на четыре группы кронов и четыре группы флинтов, из которых были составлены четыре группы комбинаций, и в пределах каждой из них последовательно брали по одному крону и составляли комбинации со всеми флинтами этой группы [2]. Таким образом, С.В. Трубка сознательно откинул большое количество сочетаний, которые прогнозируемо на начальном этапе расчета не могли дать адекватных решений для задачи нахождения стекол для склеенного компонента.

Как показала возможность современной техники использовать подход «каждое с каждым», перебирая все стекла каталога, данная выборка, хотя действительно имела смысл при ограниченных возможностях вычислительных машин, все-таки обрезала некоторые интересные решения. Этой связи новый алгоритм переработан именно с возможностью перебора всех стекол между собой, а, во избежание путаницы, за «крон» берется стекло с большим числом Аббе, а за «флинт» – с меньшим. Также для упрощения вычислений в рассчитанных таблицах С.В. Трубка взяты сильно округленные показатели преломления и коэффициенты дисперсий, что, в целом, оставляет заметную погрешность вычислений.

Автоматизация программы «Синтез склеенного компонента» [3, 4], представленной на рисунке, состоит из нескольких этапов.

III Синтез склеенного компонента

Входные параметры

Файл с каталогом стекол: F:/SCHOTT.AGF

P 0.0 заднее фокусное расстояние  $f'$  [мм] 100.0 Длина волны  $\lambda_0$  e (546 нм) толщина по оси «крупной» линзы [мм] 5.0

W 0.0 диаметр зрачка D [мм] (зрачок на 1й поверхности) 20.0 Длина волны  $\lambda_{max}$  F (490 нм) толщина по оси «флинтной» линзы [мм] 3.0

C 0.0 количество пар стекол для анализа 8 Длина волны  $\lambda_{min}$  C (643 нм) Величина поля [град] (для вычисления aberrаций) 5

Выбрать каталог стекол

Подобрать толщины

Вычислить

О программе

Результат вычислений

стекло 1	стекло 2	оптическая сила 1й линзы	оптическая сила 2й линзы	P	W	C	поперечная aberrация [мм]	продольная aberrация [мм]	продольная aberrация 3 порядка [мм]	продольная aberrация 5 порядка [мм]	хроматизм положения [мм]	вторичный спектр [мм]	кома [мм]
1 F13	SF58	2.3144	-1.3144	-0.013159	-0.000000	-0.000345	0.003388	0.033717	0.002726	0.030991	-0.014073	0.079229	0.001806
2 LASF46B	LAKN7	-1.1438	2.1438	0.043732	-0.000000	-0.000241	0.000805	0.008012	-0.055041	0.063053	-0.082692	0.052302	-0.008915
3 LF4	SF63	2.0607	-1.0607	-0.014656	0.000000	-0.000248	0.006904	0.068734	0.001637	0.067098	-0.007059	0.056981	0.005657
4 LKN3	N-SF1	1.9597	-0.9597	-0.016977	0.000000	-0.000249	0.009102	0.090620	0.000307	0.090313	-0.007528	0.057027	0.008321
5 5	F6	1.9984	-0.9984	-0.011895	-0.000000	-0.000225	0.011505	0.114576	-0.003436	0.118012	-0.004744	0.051039	0.009897

Выбранная система

LAF13:  $n_d=1.78037$   
LAF13:  $v_d=37.583$   
SF58:  $n_d=1.92765$   
SF58:  $v_d=21.3445$

$r_1=72.6322$   
 $r_2=-61.0321$   
 $r_3=-556.022$

Аберрации выбранной системы по зрачку:

	поперечная aberrация [мм]	продольная aberrация [мм]	хроматизм положения [мм]	вторичный спектр [мм]
1.000	0.003388	0.033717	0.106832	0.085673
0.866	0.001685	0.019388	0.075355	0.083990
0.707	0.000646	0.009111	0.044736	0.082357
0.500	0.000135	0.002705	0.014938	0.080770
0.000	0.000000	0.000000	-0.014073	0.079229

Сохранить в ZMX

Рисунок. Синтез склеенного компонента

В первую очередь для ухода от таблицы были пересчитаны все формулы, по которым составлялись таблицы. После чего начальный этап автоматизации свелся к выбору источника информации о показателе преломления каждого стекла и



коэффициенте дисперсии, так как именно на этих величинах, помимо входных параметров строится расчет. Так, в программе появилась кнопка «Выбрать каталог стекол». Поддерживаемый формат «.agf», выбран не случайно, так как именно в нем предоставляются каталоги популярной программы «ZEMAX», они универсальны и обновляемы, большинство производителей стекол поддерживает выпуск каталогов своей продукции в данном формате, таким образом, разработчик всегда может воспользоваться актуальной информацией для расчета склеенного компонента. С ними пришел вывод информации, рядом с графическим отображением, о каждом стекле, входящем в склеенный компонент, что дает необходимую информацию о рентабельности данного материала. Реализация данного этапа состоялась в создании модуля чтения каталогов данного формата и хранения информации.

Традиционно в программных каталогах показатель преломления для определенной длины волны высчитывается по коэффициентам дисперсионной формулы, так как данный способ хранения информации отвечает оптимальной ресурсоемкости. Как показала практика расчета, данный способ отлично работает при заданном диапазоне длин волн, в котором дисперсионная формула адекватно описывает поведение материала. К сожалению, разработчику редко удается на практике проверить информацию о стекле, и точность вычислений напрямую зависит от предоставленной производителем информации. Разработанный модуль вычисления показателя преломления поддерживает все дисперсионные формулы, которые могут быть использованы в формате каталога «.agf». Все эти модули встроены в библиотеку OPAL-API [5], разрабатываемую на кафедре ПиКО Университета ИТМО, для возможности использовать их при любых дальнейших разработках программного обеспечения.

Следующий этап автоматизации напрямую касается расчета табличных параметров [2]. Основными расчетными величинами в таблице являются: минимальное значение основного параметра сферической аберрации, оптическая сила двух линз склеенного объектива, минимальное значение инварианта Аббе на поверхности склейки. Дополнительными расчетными величинами являются минимальное значение основного параметра комы и параметр кривизны. Остальные значения, присутствующие в таблице, не участвуют в расчете склеенного объектива и нужны для оценки разработчиком промежуточных вариантов расчета. Весь описанный выше процесс подбора стекол поместился в одну кнопку «Вычислить». От разработчика требуется только задать начальные значения  $P$ ,  $W$ ,  $C$  для вычисления комбинаций стекол. Остальные входные параметры нужны для вычисления конструктивных параметров склеенного объектива и его аберраций. Заданный рабочий диапазон длин волн позволяет отсеивать те стекла, которые не могут участвовать в расчете.

Еще одним дополнением является вывод данных о поперечных аберрациях, хроматизме положения, вторичном спектре, а также продольной сферической аберрации третьего и пятого порядков.

Таким образом, измененная методика, встроенная в первоначальную программу, позволяет ускорить и упростить предварительный расчет оптической системы, автоматизация программы «Синтез склеенного компонента» позволяет проектировщику быстро по оптимальным параметрам оценить найденные решения и отобрать наилучшие.

### Литература

1. Слюсарев Г.Г. Расчет оптических систем. – Л.: Машиностроение (Ленингр. отд-е), 1975. – 323 с.
2. Трубка С.В. Расчет двухлинзовых склеенных объективов: справочник. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. – 124 с.

3. Иванова Т.В., Романова Г.Э., Калинин О.С., Жукова Т.И. Метод расчета и анализа склеенного компонента с ахроматической и апланатической коррекцией // Оптический журнал. – 2017. – Т. 84. – № 8 [в печати].
4. Romanova G., Ivanova T., Korotkova N. Automation design of cemented doublet // Proceedings of SPIE. – 2015. – V. 9626. – P. 96262S.
5. Ivanova T., Zhukova T., Zhadin A.V., Romanova M.S., Dantcaranov R., Kalinkina O.S., Ivanov V.V. Student project of optical system analysis API-library development // Proceedings of SPIE. – 2017 [в печати].

УДК 654.9:007.51]:727.57

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ УЧЕБНОГО ЗДАНИЯ ВУЗА

Квицинский А.Г.<sup>1</sup>

Научный руководитель – к.т.н., доцент Алексеев С.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

Работа выполнена в рамках темы НИР № 615862 «Фундаментальные исследования процессов взаимодействия излучения с новыми функциональными, конструкционными и биологическими материалами».

В работе выполнено проектирование комплексной системы безопасности учебного здания вуза. Проектирование системы безопасности объекта выполнено с учетом важности антитеррористической защищенности объекта, общественной, научной, культурной, исторической значимости объекта. Проектирование системы безопасности объекта выполнено с учетом комплексного анализа угроз объекту и с использованием современных методов, средств и ресурсов обеспечения безопасности объекта.

**Ключевые слова:** комплексная интегрированная система безопасности, проектирование системы безопасности, подсистема пожарной сигнализации и автоматики, подсистема охранной и тревожной сигнализации, подсистема контроля и управления доступом, подсистема телевизионного наблюдения, учебный корпус университета.

**Введение.** Обеспечение безопасности объектов образовательных организаций высшего образования от комплекса террористических, криминальных, техногенных, информационных, экономических и др. угроз является сложной и актуальной задачей.

**Целью работы** являлось проектирование комплексной интегрированной системы безопасности (КИСБ) учебного корпуса университета.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи: выполнить анализ объекта обеспечения безопасности, выполнить анализ угроз объекту обеспечения безопасности, выполнить анализ методов, средств и ресурсов обеспечения безопасности объекта.

**Анализ объекта обеспечения безопасности.** Объектом обеспечения безопасности являлся учебный корпус Университета ИТМО, расположенный по адресу: Российская Федерация (РФ), город Санкт-Петербург, 190000, переулок Гривцова, дом 14–16, литера А, Б, Г.

Объект построен в период 1790–1793 гг. в качестве Здания Государственного заемного банка, архитектор – Л. Руска; перестроен в период 1839–1840 гг., архитектор – А.А. Адамини; перестроен в период 1864–1875 гг., гражданский инженер – И.А. Мерц. Объект входит в «Список вновь выявленных объектов, представляющих историческую, научную, художественную или иную культурную ценность», экспертное заключение от 20 марта 2000 г.

Объект включает пять этажей, помещения подвальные, помещения чердачные. Охране подлежали пятнадцать помещений общей площадью 823,8 м<sup>2</sup>, расположенные на четвертом этаже. Перечень защищаемых жизненных приоритетов представлен в табл. 1.

Таблица 1. Перечень защищаемых жизненных приоритетов

№	Наименование	Описание
1	Жизнь и здоровье субъектов обеспечения безопасности	Жизнь, здоровье руководителей, заведующих кафедрами, преподавателей, сотрудников, обучающихся, родителей, гостей объекта
2	Имущество субъектов, объекта обеспечения безопасности	Личное имущество субъектов; места сосредоточения больших материальных ценностей
3	Среда обитания субъектов обеспечения безопасности	Состояние окружающей среды; состояние системы инженерного обеспечения объекта
4	Ресурсы субъектов, объекта обеспечения безопасности	Финансовые ресурсы субъектов

**Анализ угроз объекту обеспечения безопасности.** Перечень угроз объекту представлен в табл. 2.

Таблица 2. Перечень угроз объекту

№	Наименование	Описание
1	Угрозы террористические субъектам, объекту обеспечения безопасности	Нападение вооруженной группы; применение ядовитых, отравляющих, взрывчатых веществ; приведение в негодность системы безопасности
2	Угрозы криминальные субъектам, объекту обеспечения безопасности	Причинение вреда здоровью субъектам; кража материальных ценностей; хулиганство; вандализм
3	Угрозы техногенные субъектам, объекту обеспечения безопасности	Возникновение неисправностей систем инженерного обеспечения; возникновение пожаров; разрушение объекта
4	Угрозы экономические субъектам, объекту обеспечения безопасности	Незаконные получение, разглашение сведений, которые составляют коммерческую, налоговую тайну

**Методы, средства и ресурсы обеспечения безопасности объекта.** В результате анализа объекта обеспечения безопасности, анализа угроз объекту обеспечения безопасности, и с учетом требований по обеспечению антитеррористической защищенности объекта в соответствии с СП 132.13330.2011 «Обеспечение антитеррористической защищенности зданий и сооружений. Общие требования проектирования», было выбрано создание КИСБ с интеграцией на аппаратно-программном уровне.

При проектировании КИСБ было выбрано программное обеспечение (ПО) «Интегрированная система охраны «Орион» (ЗАО «НВП «Болид», Россия). В состав КИСБ входят следующие подсистемы: подсистема пожарной сигнализации и автоматики (ПСА), подсистема охранной и тревожной сигнализации (ОТС), подсистема контроля и управления доступом (КУД), подсистема телевизионного наблюдения (ТВН). При проектировании КИСБ было использовано ПО nanoCAD ОПС Версия 8 (ЗАО «Нанософт», Россия), VideoCAD 7 Starter II Demo (ССТVCAD Software, Россия). Схема электрическая структурная КИСБ представлена на рис. 1.

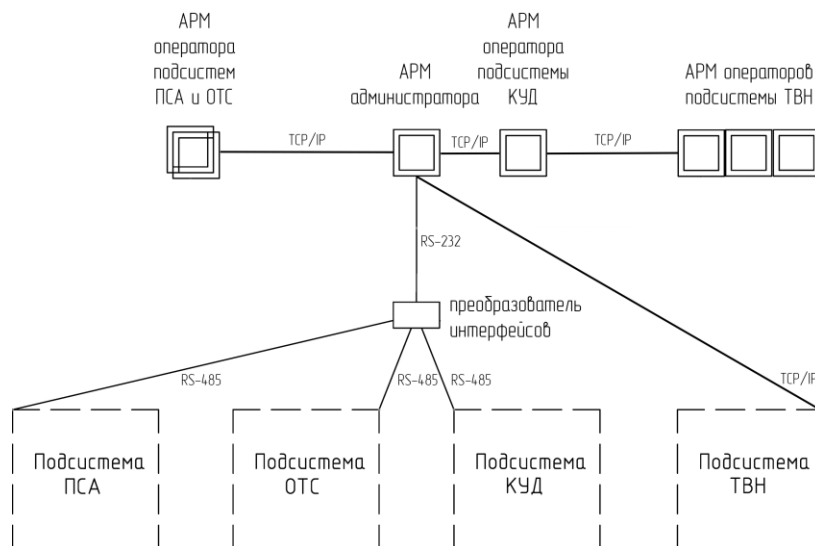


Рис. 1. Схема электрическая структурная КИСБ

При проектировании подсистемы ПСА было выбрано использование адресно-аналоговой системы. Проектирование выполнялось в соответствии с требованиями СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования». В качестве средств обнаружения угроз были использованы извещатели пожарные точечные дымовые оптико-электронные, извещатели ручные. Схема электрическая расположения оборудования подсистемы ПСА представлена на рис. 2, а.

При проектировании подсистемы ОТС было выбрано создание двух рубежей охраны. Первым рубежом охраны контролируется периметр объекта с целью обнаружения попыток проникновения нарушителя. Вторым рубежом охраны контролируется внутренний объем объекта с целью обнаружения перемещения проникшего нарушителя. В качестве средств обнаружения угроз были использованы извещатели охранные точечные магнитоконтактные, извещатели охранные оптико-электронные инфракрасные пассивные. Схема электрическая расположения оборудования подсистемы ОТС представлена на рис. 2, б.

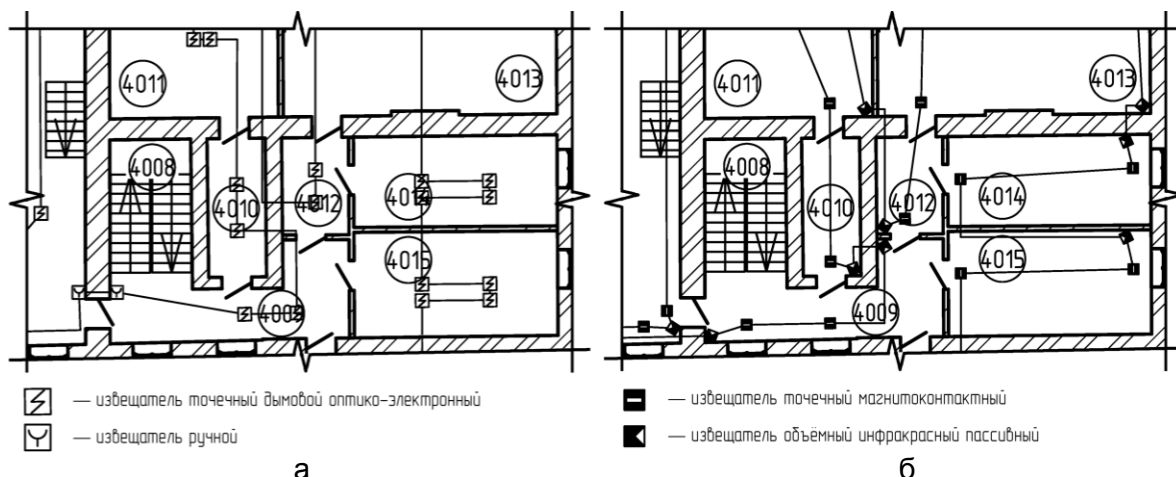


Рис. 2. Схема электрическая расположения оборудования подсистемы ПСА (а) и ОТС (б)

При проектировании подсистемы КУД было выбрано создание двух зон доступа, восьми уровней доступа. Уровни доступа следующие: Уровень доступа 1 «Администратор», Уровень доступа 2 «Руководитель», Уровень доступа 3 «Заведующий кафедрой», Уровень доступа 4 «Преподаватель», Уровень доступа 5 «Сотрудник», Уровень доступа 6 «Обучающийся», Уровень доступа 7 «Родитель», Уровень доступа 8

«Гость». Использование многоуровневой системы доступа позволяет вести учет рабочего времени сотрудников, учет посещаемости занятий обучающимися.

В качестве идентификаторов доступа были использованы идентификаторы электронные радиочастотные. В сочетании с ПО это позволяет объединить идентификаторы доступа со следующими документами: билетом студенческим, книжкой зачетной, билетом читательским, пропуском сотрудника, билетом профсоюзным, допуском к системе дистанционного обучения и др. информационным ресурсам Университета ИТМО. Схема электрическая расположения оборудования подсистемы КУД представлена на рис. 3.

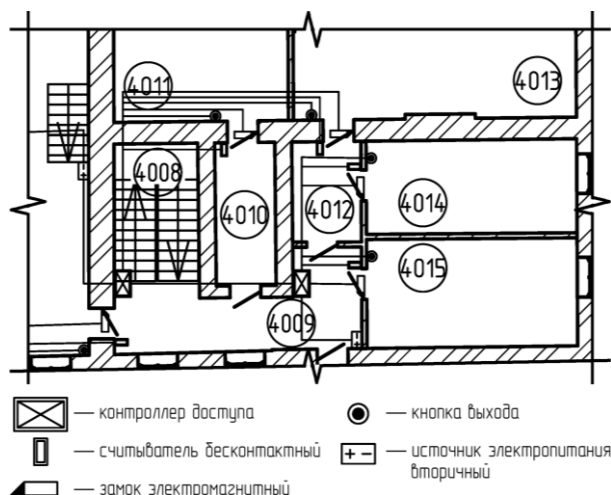


Рис. 3. Схема электрическая расположения оборудования подсистемы КУД

При проектировании подсистемы ТВН было выбрано использование сетевой системы. В качестве средств обнаружения угроз были использованы камеры телевизионные сетевые купольные. Параметры каждой камеры были рассчитаны исходя из задач наблюдения (observe) или распознавания (recognise) в соответствии с требованиями Европейского стандарта EN 50132-7:2012 «Alarm systems – CCTV surveillance systems for use in security applications – Part 7: Application guidelines».

Использование Европейского стандарта вместо Национального стандарта РФ ГОСТ Р 51558-2014 «Средства и системы охранные телевизионные. Классификация. Общие технические требования. Методы испытаний» обусловлено отсутствием в Национальном стандарте РФ указаний по использованию наиболее рационального при проектировании сетевых систем параметра «относительное разрешение» [1]. Схема электрическая расположения оборудования подсистемы ТВН представлена на рис. 4.

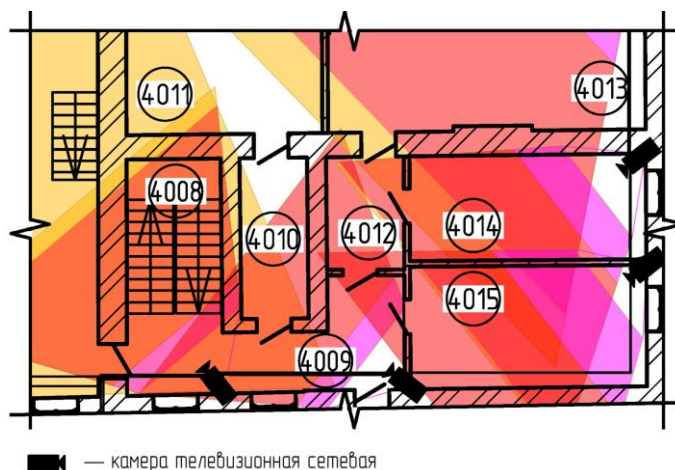


Рис. 4. Схема электрическая расположения оборудования подсистемы ТВН

**Анализ спроектированной системы безопасности объекта.** Одним из методов оценки эффективности спроектированной системы безопасности объекта является расчет экономической эффективности [2]:

$$\mathcal{E}_э. = Y_{\text{пред.}} - \frac{Z_{\text{общ.}}}{P_{\text{общ.}}},$$

где  $\mathcal{E}_э.$  – эффективность экономическая КИСБ;  $Y_{\text{пред.}}$  – ущерб, предотвращенный в результате использования КИСБ;  $Z_{\text{общ.}}$  – затраты в течение жизненного цикла КИСБ общие;  $P_{\text{общ.}}$  – потери возможные общие.

В соответствии с разделами 1, 6 «Отчета о самообследовании Университета ИТМО по состоянию на 1 апреля 2017 года», численность сотрудников и обучающихся Университета ИТМО суммарная составляет 15117 человек, стоимость активов суммарная составляет 8731,5 млн руб. Стоимость спроектированной системы безопасности объекта, по состоянию на 17 апреля 2017 г., составляет 3,8 млн руб. Это позволяет считать спроектированную систему безопасности объекта экономически эффективной.

**Заключение.** В результате выполнения данной работы было выполнено проектирование комплексной интегрированной системы безопасности учебного корпуса университета. Выполнен анализ объекта обеспечения безопасности. Выполнен анализ угроз объекту. Выполнен анализ методов, средств и ресурсов обеспечения безопасности объекта. Выполнена оценка эффективности системы безопасности объекта. Проектирование системы безопасности объекта выполнено с учетом важности антитеррористической защищенности объекта, общественной, научной, культурной, исторической значимости объекта.

Перспективным направлением дальнейшей разработки темы данной работы является проектирование единой комплексной интегрированной системы безопасности объектов Университета ИТМО.

Автор данной работы выражает огромную благодарность Сергею Андреевичу Алексееву, а также коллективу сотрудников кафедры СТО Университета ИТМО за оказанную помощь.

### Литература

- 1 Алексеев С.А., Волхонский В.В., Суханов А.В. Телевизионные системы наблюдения. Особенности применения устройств. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – С. 44.
- 2 Рыжова В.А. Проектирование и исследование комплексных систем безопасности. – СПб.: НИУ ИТМО, 2013. – С. 137.

УДК 621.397

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ДЕТЕКТОРА ДВИЖЕНИЯ В СОСТАВЕ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ ОХРАННОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

Киселёва И.А.<sup>1</sup>

Научный руководитель – к.т.н., доцент Андреев А.Л.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

На примере компьютерной модели телевизионного детектора движения рассмотрены методы обнаружения движущихся объектов для систем охранной сигнализации. В основе методов лежит алгоритм формирования межкадрового разностного сигнала и внутрикадровой обработки сигнала с целью выделения необходимой информации. Получен ряд зависимостей, характеризующих вероятность обнаружения движущихся объектов на сложном фоне и позволяющих определить предельные возможности обнаружения для системы с заданными параметрами.

**Ключевые слова:** детектор движения, межкадровый разностный сигнал, обнаружение движущихся объектов.

**Введение.** Одним из основных недостатков традиционных систем видеонаблюдения является снижение скорости оперативного реагирования при увеличении размеров системы. В случае, когда речь идет о десятках и более входящих потоков видео, оператор уже не в состоянии адекватно отслеживать текущую обстановку в реальном времени. **Целью работы** являлось исследование эффективности телевизионного детектора движения с помощью компьютерного моделирования. В ходе работы были решены следующие задачи: определен принцип построения детектора движения и предъявляемых к нему требований; исследована реализация компьютерной модели телевизионного детектора движения, которая позволяет оптимизировать параметры проектируемых модулей видеонаблюдения, применяемых в системах охранной сигнализации.

**Описание алгоритма формирования и обработки межкадрового разностного сигнала.** В настоящее время представляется крайне актуальной задача реализации аппаратных средств для автоматизированных систем, обеспечивающих эффективную охрану большого числа территориально распределенных объектов при ограниченной численности задействованных работников [1, 2].

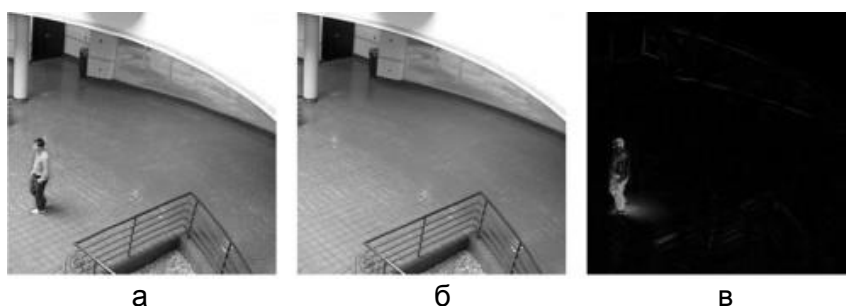


Рис. 1. Вычисление межкадровой разности: базовый кадр (а); новый кадр (б); разность нового и базового кадров (в)

Чаще всего для контроля перемещений на охраняемой территории используются инфракрасные датчики движения. Такие датчики используют в закрытых помещениях, они имеют ограниченную дальность реагирования и не дают информацию ни о координатах объекта, ни о характере его движения. Другим решением являются телевизионные детекторы движения, основанные на алгоритмах межкадровой (рис. 1) и внутрикадровой обработки сигналов изображений видеопоследовательности. Такие алгоритмы позволяют производить обнаружение движущихся объектов на больших расстояниях и на различных типах подстилающей поверхности. Кроме того, они дают возможность определять координаты, направления и скорость перемещения обнаруженных объектов. Подобные алгоритмы не требуют больших вычислительных затрат, что позволяет применять их в режиме реального времени.

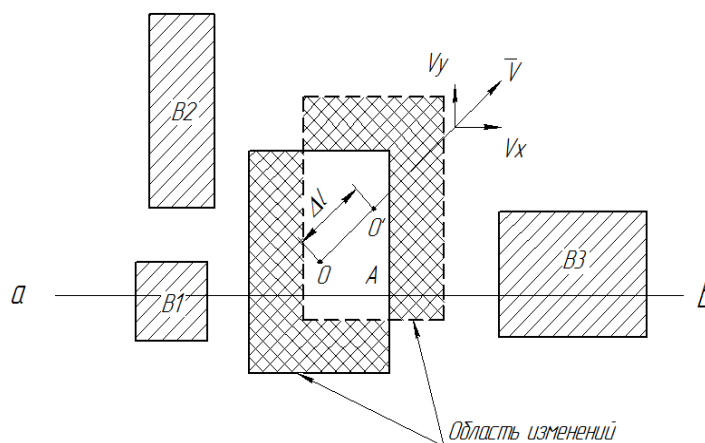


Рис. 2. Пояснение к алгоритму вычисления межкадровой разности

На рис. 2 изображен принцип реализации данного алгоритма: движущийся объект  $A$  на фоне неподвижных объектов  $B1$ ,  $B2$  и  $B3$  перемещается на расстояние  $\Delta l$  с некоторой скоростью  $v$  за время, равное периоду сравниваемых кадров.

Разностный сигнал, полученный при сравнении сигналов, соответствующих строке « $ab$ »  $n$ -го и  $(n+k)$ -го кадров, представляет собой биполярные импульсы.

Длительность биполярных импульсов связана с горизонтальной составляющей скорости движения изображения объекта; интервал времени между импульсами – с горизонтальным размером объекта; интервал времени, отсчитываемый от момента начала прямого хода строчной развертки до появления положительного импульса – с положением объекта в пространстве. В результате такого анализа может осуществляться не только обнаружение объектов, но и определение некоторых информационных параметров объектов: габариты, координаты, скорость и направление перемещения в пространстве [3].

При решении задачи обнаружения подвижных объектов могут иметь место ошибки двух родов. Чтобы устранить такие ошибки выбирается компромиссная величина порогового уровня (порог срабатывания увеличивается в случае ошибки первого рода или уменьшается в случае ошибки второго рода), такой подход называется критерием идеального наблюдателя. Зачастую ошибка ложной тревоги является наиболее нежелательной и тогда используют критерий Неймона–Пирсона, заключающийся в том, что вероятность ложной тревоги задается заранее, а задача разработчиков сводится к принятию мер, позволяющих уменьшить вероятность пропуска сигнала.

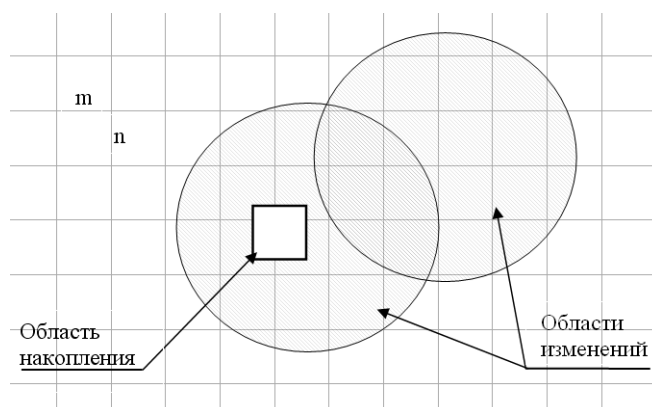


Рис. 3. К пояснению выбора размеров дискретной области накопления

Для того чтобы повысить чувствительность системы к обнаружению малококонтрастных объектов при наличии значительных шумов во входном сигнале применяется внутрикадровая пространственная фильтрация, построенная на принципе накопления сигналов по площади области изменений. Площадь кадра разбивается на дискретные участки, каждый из которых анализируется отдельно и является элементарной зоной накопления. Размеры дискретной области нужно выбирать таким образом, чтобы при любых изменениях в кадре, вызванных перемещением объектов, хотя бы одна из областей накопления была бы полностью расположена в области изменений (рис. 3). В данной работе применяется решающее правило « $p$  из 9», т.е. область имеет размер 9 элементов. Таким образом, вероятности пропусков или ложных срабатываний системы можно рассчитать по формулам.

**Описание методики и результатов компьютерного моделирования телевизионного детектора движения.** С целью определения эффективности использования режима детектора движения, моделирования условий наблюдения и определения требований к параметрам и характеристикам модуля видеонаблюдения в данной работе предложено использовать компьютерную модель. На рис. 4 представлен



общий вид лицевой панели разработанной компьютерной модели детектора движения. Здесь видно, что модель позволяет задавать как условия наблюдения (коэффициент отражения фона, объекта, размеры объекта, облученность зоны наблюдения), так и параметры оптической системы (фокусное расстояние объектива, диаметр входного зрачка) и требования к обнаружению (решающее правило, порог). Таким образом, модель является универсальной и подходит для моделирования работы системы в любых условиях и при различных параметрах.



Рис. 4. Общий вид лицевой панели компьютерной модели телевизионного детектора движения

Модель позволяет задавать целый ряд параметров, определяющих условия эксперимента: условия наблюдения (коэффициент отражения фона, объекта, размеры объекта, облученность зоны наблюдения), параметры оптической системы (фокусное расстояние объектива, диаметр входного зрачка) и требования к обнаружению (решающее правило, порог). Таким образом, модель является универсальной и подходит для моделирования работы системы в различных условиях и при различных параметрах.

При исследовании данной компьютерной модели получены характеристики обнаружения, позволяющие выбрать оптимальные параметры обнаружения и определяющие работу детектора движения, параметры фотоприемного устройства и системы подсветки. При разных угловых размерах объектов получены значения вероятности обнаружения в зависимости от скорости перемещения (рис. 5, а) и от уровня облученности зоны наблюдения (рис. 5, б).

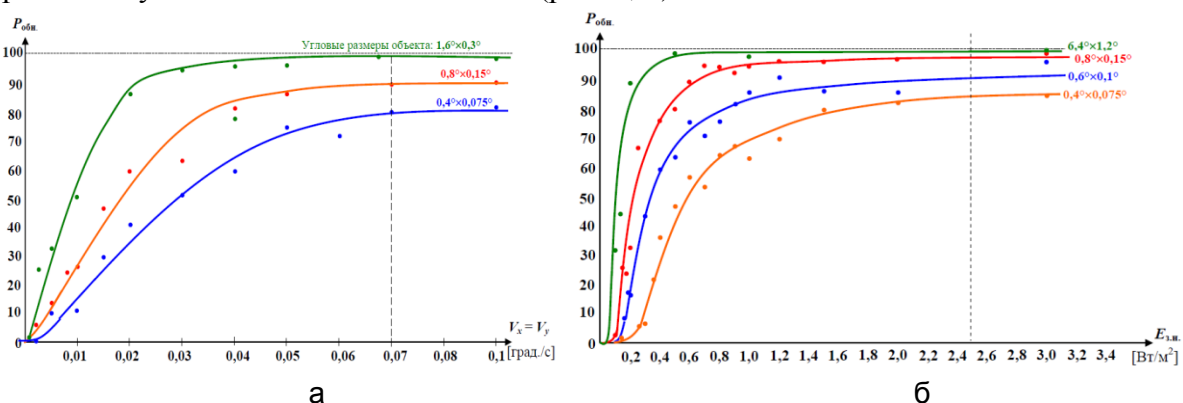


Рис. 5. Зависимость вероятности обнаружения  $P_{обн.}$ : от угловой скорости объекта  $V_x$  наблюдения (а) и от уровня облученности  $E_{з.н.}$  зоны наблюдения (б)

**Заключение.** Предлагаемая компьютерная модель телевизионного детектора движения на этапе проектирования позволяет обосновать требования к отдельным звеньям модуля видеонаблюдения, а на этапе эксплуатации оптимизировать параметры решающего правила с учетом реальных условий наблюдения, а также определить предельные возможности распознавания. Дальнейшая работа может быть направлена на расширение возможностей компьютерной модели с точки зрения использования тепловизионных детекторов движения.

### Литература

1. Андреев А.Л. Элементная база, аппаратные и программные средства унифицированного модуля в распределенных оптико-электронных системах. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2010. – 64 с.
2. Грязин Г.Н. Основы и системы прикладного телевидения: учеб. пособие для вузов. – СПб.: Политехника, 2011. – 274 с.
3. Андреев А.Л. Моделирование и расчет автоматизированных видеоинформационных систем наблюдения за объектами. Методические указания к лабораторным работам. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2013. – 82 с.

УДК 62-9

### PARAMETRIC STUDIES FOR MULTI-COIL UNIFORM MAGNETIC FIELD GENERATING SYSTEMS

Kislitsina E.A.<sup>1</sup>

Research supervisor – PhD, assistant professor Ryabukhina Y.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ITMO University

This paper is devoted to the research of the coil systems used to generate regions of uniform magnetic field. Various design solutions for precise circular coils with monolayer close proximity turning are reviewed. The calculation of the magnetic field of four equiradial coil system by the geometric dimensions of the turns and the current parameters is performed. The results of the theoretical calculation of the existing system performed in MATLAB software package are presented.

**Key words:** magnetic field non-uniformity, multi-coil systems, barker coils, uniform magnetic field.

**Introduction.** Meeting the challenge of forming a highly uniform magnetic field in a certain volume is of great practical importance. The fields of very accurate constancy are required in various experiments, in magnetic field sensors calibration, magnetization and demagnetization of permanent magnets, demagnetization of steel billets, components and tools [1]. The problem of producing such fields can be faced in different ways depending on the required value of the magnetic field, parameters of the working volume, power consumption, mass-dimensional requirements for the finite system. Whenever very stable and precisely controlled magnetic fields are needed, coils with current are normally used. Such carefully designed single-turn or multi-turn coils are able to generate an almost uniform magnetic field in the centre of the structure and are capable to produce precise alternating and direct current magnetic fields. The value and extent of the uniform field are accurately predictable from the dimensions of the coils and the currents in them [2].

The purpose of the research was to make a review of the existing uniform magnetic field generating systems and to perform a theoretical calculation of a four-coil Barker system.

**Review of the uniform magnetic field generating systems.** There are many types of design solutions for uniform magnetic field generating systems which contain different number of coils varied in shape. Ring-shape coils are generally used. Their number and mutual arrangement depend on the requirements imposed on the spatial region characterized

by a high level of uniformity in the longitudinal and radial directions, as well as the requirements for the overall dimensions of the system.

One-, two- or three-component coils and a constant-current source are normally used as magnetic field measure for the static magnetic fields. Such coil systems can be used for calibration of weak magnetic field sensors and magnetometers based thereon. The error of the magnetic field source must be at least three times smaller than the error of the calibrated measuring instrument. For instance, for a calibrated sensor with an error of less than 1%, the non-uniformity of the field should not exceed 0.1–0.3% in the volume meeting the dimensions of the sensor [3].

Most commonly used types of coils with a current for uniform magnetic field generation are solenoids and Helmholtz coils.

**Solenoid for creating a static magnetic field.** Solenoid is a circular coil with a winding, where winding length is much larger than its diameter (Fig. 1).

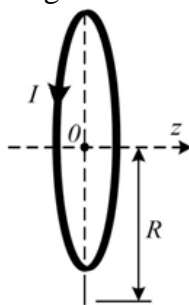


Fig. 1. Solenoid:  $R$  – radius of the coil [m];  $z$  – distance to some point on the coil axis [m];  $I$  – current [A]

The Biot-Savart-Laplace law states that the magnetic field on an axis of a single turn of radius  $R$  with a current  $I$  in some point at a distance  $z$  from its plane is given by [3]:

$$B(z) = \frac{\mu_0 N I R^2}{2(R^2 + (z-h)^2)^{2/3}}, \quad (1)$$

where  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} = 1.2566 \cdot 10^{-6}$  H/m denotes the magnetic constant;  $N$  – number of turns;  $h$  – distance from the coil centre to the origin, m.

However, solenoids have a significant drawback – large dimensions. To expand the volume of a uniform field, it is necessary to significantly increase the length of the solenoid, and, consequently, increase the number of turns in the winding. That entails a growth of inductance and increases the requirements for the current source. Therefore, axial two-coil systems, also called Helmholtz coils, are widely used to create uniform magnetic fields.

**Generating a magnetic field with the help of an axial two-coil system.** Helmholtz coils are two coaxial rings of radius  $R$  located at a distance  $R$  from each other, as shown in Fig. 2. To create a static magnetic field, the coils are connected with the current source in series.

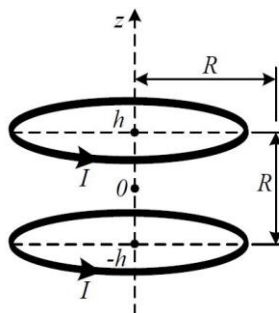


Fig. 2. Helmholtz coils:  $h$  – distance from the center of the coil to the origin [m]

According to the superposition principle the resulting field produced by two coils is equal to the vector sum of the fields created by each coil individually. If the current in the coils is unidirectional, then the axial field of two coils can be determined by the following equation [3]:

$$B(z) = \frac{1}{2} \mu_0 N I R^2 \left\{ \left[ R^2 + (z+h)^2 \right]^{-3/2} + \left[ R^2 + (z-h)^2 \right]^{-3/2} \right\}. \quad (2)$$

The relative non-uniformity of the magnetic field at any point inside the Helmholtz coils is given by:

$$\delta_z = \frac{B(z) - B(0)}{B(0)}, \quad (3)$$

where  $B(0)$  denotes the value of the magnetic field at the origin.

The uniform magnetic field zone produced by Helmholtz coils is limited by a rather small volume at the centre of the coil system. In most cases when the coils are used for magnetometer calibration this zone is smaller than the dimensions of the calibrated magnetic field sensor. Consequently, the region of the magnetic field uniformity must be enlarged. For this purpose, the size of the coils is commonly increased, that makes the system less mobile and more difficult to manufacture. However, the same effect can be achieved by increasing the number of coils in the system.

**Axial three-coil system for producing a uniform magnetic field.** The system of Maxwell coils consists of three coils with different radii and a certain ratio of the number of turns in the coils which are located on the surface of a common sphere, in accordance with Fig. 3. This system has a greater field uniformity compared to Helmholtz coils.

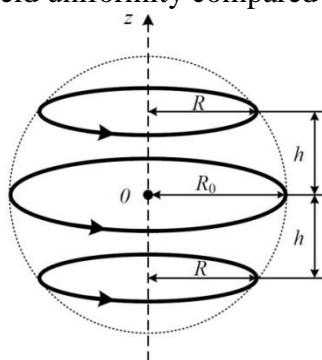


Fig. 3. Maxwell coils:  $R_0$  – radius of the central coil [m]

The magnetic field produced by Maxwell coils along the  $z$  axis can be described by the following equation:

$$B(z) = \frac{1}{2} \mu_0 N I R^2 \left\{ \begin{aligned} &64 \left[ R_0^2 + z^2 \right]^{-3/2} + 28 \left[ \frac{4}{7} R_0^2 + \left( z + \sqrt{\frac{3}{7}} R_0 \right)^2 \right]^{-3/2} + \\ &+ 28 \left[ \frac{4}{7} R_0^2 + \left( z - \sqrt{\frac{3}{7}} R_0 \right)^2 \right]^{-3/2} \end{aligned} \right\}. \quad (4)$$

Maxwell coils are difficult to construct because of different radii of coils.

A further increase in the uniformity of the magnetic field leads to designing axial four-coil systems, for example, Barker, Braunbek, Garrett, and others. They are also characterized by the coil distances, diameter and number of turns in the winding. There is a considerable flexibility in coil design. It was proven scientifically that systems of coils with the same radii have greater magnetic field uniformity than those with different radii [3].

It is possible to further increase the number of coils to create a magnetic field with a very small non-uniformity at relatively large distances from the geometric centre of the

system. Thereby, the classical solutions are valuable as starting points but one should not be restrained by them in designing a system appropriate to a particular requirement.

**Primary system requirements.** The required shape of the uniform region and the degree of uniformity depend on the application. A spherical working region has the most general utility. In this research, a four-coil Barker system that can be used to create magnetically sensitive sensors was considered (Fig. 4). This system meets high demands in terms of the volume of the uniform magnetic field and the value of the magnetic field non-uniformity in the volume of the sensor  $\Delta B$  that must be less than  $10^{-8}$ – $10^{-9}$  T. In addition, there is an important requirement for the value of the magnetic field  $B$  that must be close to  $10 \mu\text{T}$ .

The number of coils was chosen equal to four following the requirements for the size of the axial uniform field region and the acceptability of the coil system manufacturing complexity. The radius of the coils was chosen so as to meet the requirements for the system dimensions. In this system four identical coils are symmetrically disposed on a common axis. The same current value in all four coils enabling them to be connected electrically in series. The number of turns in the pair of external coils is greater than in the inner coils. The position of four equiradial circular coils, arranged coaxially to generate a maximum volume of uniform magnetic field, as known depend on the level of uniformity required and was chosen according to the system requirements [4].

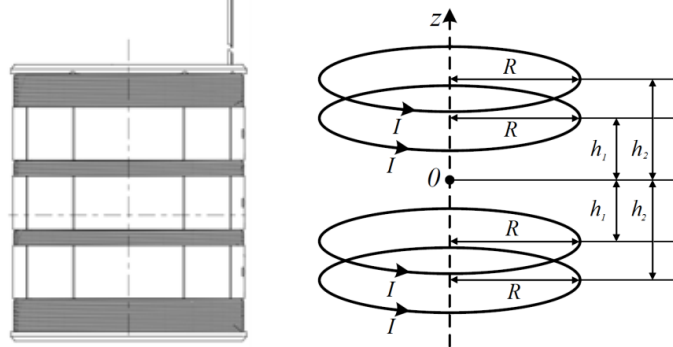


Fig. 4. Barker coils

Parameters of the Barker coils considered in the research are listed in Table [5].

Table. Baker coils parameters

Radius of the coils, $R$ [m]	$13.5 \cdot 10^{-3}$
Material of the coils	Copper
Distance from the centre of the inner pair of coils to the origin, $h_1$ [m]	$2.765 \cdot 10^{-3}$
Distance from the centre of the outer pair of coils to the origin, $h_2$ [m]	$11.195 \cdot 10^{-3}$
Number of turns in the inner coils, $N$	16
Number of turns in the external coils, $N_2$	36
Current, $I$ [A]	$3 \cdot 10^{-3}$

**Theoretical calculation.** For the Baker coils Biot-Savart-Laplace law (1) for determining the magnetic field along the  $z$  axis takes the following form:

$$B(z) = \frac{1}{2} \mu_0 N I R^2 \left\{ \left[ R^2 + (z + h_1)^2 \right]^{-3/2} + \left[ R^2 + (z - h_1)^2 \right]^{-3/2} + k \left[ R^2 + (z + h_2)^2 \right]^{-3/2} + \right. \\ \left. + k \left[ R^2 + (z - h_2)^2 \right]^{-3/2} \right\}, \quad (5)$$

where  $k = N_2/N$  denotes the outer-inner turns ratio.

The field non-uniformity (Fig. 5) can be determined by the equation:

$$\Delta B = B(z) - B(0). \quad (6)$$

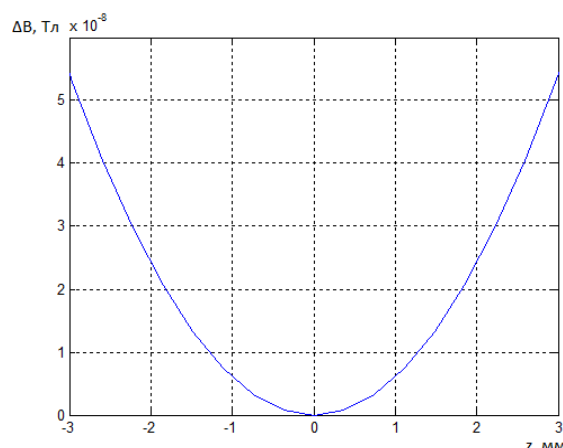


Fig. 5. Dependence of the magnetic field non-uniformity  $\Delta B$  from the distance  $z$  to the geometric centre of the coil system

**Theoretical calculation results.** Thus, according to the graph made in MATLAB software package, the magnetic field non-uniformity within the investigated volume does not exceed  $4 \cdot 10^{-8}$  T. The magnitude value of the magnetic field in the fulfilled calculation is equal to  $8.7 \mu\text{T}$ .

Mathematical analysis has shown that non-uniformity zone of the magnetic field created in the centre of the Barker coils meets the requirements for the system, since it covers the volume of the magneto-sensitive sensor that in this research is  $125 \text{ mm}^3$ . The values of the magnetic field and magnetic field non-uniformity are both satisfactory.

**Conclusion.** The research has included the review of various types of coil systems for creating uniform magnetic fields. The requirements for such systems, like the average value of the magnetic field and the magnitude of the magnetic field generated along the longitudinal axis uniformity were considered. It has been shown that carefully designed coils with the winding and the current can be used to create magnetic fields in a specific volume within which non-uniformity matches the requirements, for example, in the volume of the magnetometer. It was also shown that when designing such systems capable of creating a magnetic field in a certain volume within which non-uniformity matches the requirement, the method suggested for increasing the number of coils has many advantages compared to the method of increasing coils dimensions.

Theoretical calculation of the existing system was fulfilled in MATLAB software package. The calculation results have demonstrated that the coil system considered for creating a uniform magnetic field in the volume of the magneto sensitive sensor meets the demands.

### References

1. Киров С.А., Салецкий А.М., Харабадзе Д.Э. Создание и измерение магнитного поля. Учебное пособие. – М.: ООП Физ. фак-та МГУ, 2010. – 15 с.
2. Barker J.R. New coil systems for the production of uniform magnetic fields // J. Sci. Instrum. – 1949. – P. 273–275.
3. Баранова В.Е. Измерение слабого магнитного поля на основе феррозондового датчика: дис. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – Томск, 2015. – 134 с.
4. Robinson P.R. Improvements to the system of four equiradial coils for producing a uniform magnetic field // J. Phys., E: Sci. Instrum. – 1983. – V. 16. – P. 39–42.
5. Кулаченков Н.К., Шевченко А.Н., Безмен Г.В. Исследование магнитных экранов с использованием современных методов проектирования // Материалы XVIII конференции молодых ученых «Навигация и управление движением». – 2016. – С. 678–682.

УДК 004.514

**ПРОТОТИП WEB-СЕРВИСА ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ НАСТОЛЬНЫХ ИГР****Ковалевский Н.К.<sup>1</sup>, Васильцов О.А.<sup>1</sup>****Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Иванов С.Е.<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе рассмотрен метод создания прототипа оптимального веб-сервиса по организации событий, объединяющего пользователей по местоположению и общему интересу к настольным играм.

**Ключевые слова:** настольные игры, организация мероприятий, EBSNs, Event-based Social Networks, приложения для организации мероприятий.

На сегодняшний день существует множество развлечений, доступных для людей, таких как кино, театр, компьютерные игры и т.д. Тем не менее, некоторые люди все еще любят играть в традиционные настольные игры. Иногда трудно найти единомышленников для совместной игры, потому что не все друзья предпочитают играть в игры или имеют достаточно для того времени. В отличие от видеоигр, в настольных играх довольно сложно подсчитать приблизительное количество людей, играющих в нее, но, судя по статистике продаж популярных игр, можно предположить, что очень много людей любят и играют в настольные игры. Сегодня настольные игры не только не теряют свою актуальность, но, более того, становятся все более и более популярными. Согласно отчету, в «ICv2 Internal Correspondence # 90» [1] продажи настольных игр только в США и Канаде превысили отметку в 1 млрд долл. США в 2015 году, достигнув 1190000000 долл. США. Табл. 1 показывает данную статистику.

Таблица 1. Продажи настольных игр в США/Канаде 2015

Продажи настольных игр в США/Канаде 2015	
Категория	Розничные продажи (в миллионах), долл. США
Коллекционные игры	625
Неколлекционные, миниатюрные игры	175
Настольные игры	250
Карточные игры и игры с костями	105
Ролевые игры	35
Все игры	1190

По данным исследования «Анализ рынка настольных игр в России», проведенного «DISCOVERY Research Group», опубликованного 08.02.2016, русский рынок настольных игр составляет около 7,6 млрд руб. [2].

Социальные сети, которые сосредотачиваются на оффлайн-событиях, называются событийными или EBSNs (Event-based Social Networks). EBSNs объединяет онлайн- и оффлайн-миры, обеспечивая не только связи людей в социальных сетях, но и живое общение участников мероприятий. Главная цель EBSNs – собрать пользователей, находящихся рядом, вместе по их интересам. Среди всех элементов в EBSNs, событие является наиболее значимым, оно ликвидирует пробел между онлайн и оффлайн взаимодействием. В связи с быстрым ростом и повышенной популярностью этого вида сервисов, эта тема стала интересной для многих исследователей. В настоящее время существует множество работ по теме EBSNs. Одной из главных особенностей EBSNs, отличающей ее от традиционных социальных сетей, является то, что традиционные

социальные сети создаются в основном для людей, знакомых друг с другом в реальной жизни, в то время как основной целью EBSNs является соединить людей, не знакомых друг с другом.

На сегодняшний день существует множество социальных сетей для организации событий. Тем не менее, ни одна из них не является достаточно хорошей для организации встреч пользователей с целью поиграть в настольные игры. **Целью работы** являлось создание оптимального сервиса для людей, которые любят играть в настольные игры, упрощающего для них задачу поиска игроков в их районе проживания.

В данной работе было поставлено три исследовательских вопроса:

1. Как разработать веб-сервис для организации мероприятия?
2. Как классифицировать настольные игры в удобном для пользователя виде?
3. Как провести юзабилити-тестирование социальной сети для организации настольных игр?

Для этого были проведены следующие этапы: литературный обзор, обзор аналогов и составление опроса для пользователей.

Обзор литературы: базы данных, используемые для поиска соответствующих статей: IEEE, ACM, Springer, Science Direct и Emerald.

Ключевые слова, используемые для поиска: настольные игры, организация настольных игр, организация мероприятий для настольных игр, организация мероприятий, EBSNs, Event based social networks, организация событий, организация игровых мероприятий, приложения для организации мероприятий, классификация настольных игр.

Был произведен поиск статей между 2010 и 2017 гг. Таблицы представляют информацию о количестве статей по каждой ключевой фразе в 5 различных базах данных.

Важно отметить, что эти таблицы всего лишь представляют информацию о количестве статей. Тем не менее, количество статей, релевантных для исследования значительно меньше. В целом 40 статей были выбраны, на основании которых был сделан анализ литературы.

Таблица 2. Статьи в базах данных

Database name	Organizing events	Event organization	Gaming event organization	Event organization applications	Board game classification	Board games classification
IEEE	10	8	0	0	0	0
ACM	11	29	0	0	0	0
Springer (last 6 months)	359	515	543	2071	1002	984
Science direct	580	589	0	0	0	0
Emerald	79	65	0	0	0	966

Обзор аналогов: существует множество различных сервисов, позволяющих пользователям встречаться друг с другом по интересам. Каждый из них имеет некоторые особенности и недостатки. В табл. 3 представлен сравнительный анализ некоторых важных функций сервисов.

Важно заметить, что ни один из сервисов не предоставляет необходимые фильтры для организации настольных игр.



Таблица 3. Сравнительный анализ существующих сервисов

Характеристики	WITH ME	Meetme	Meetup	Groups paces	Meetin	Smacktive	Facebo ok & VK
Специальные фильтры	+	+	+	+	–	–	–
Категории	–	–	+	+	–	+	–
Полностью бесплатен	+	+	–	–	+	+	+
Возможность создавать события	+	–	+	+	+	+	+
Возможность принять участие в мероприятии	+	–	+	+	+	+	+
Управление списком участников	–	–	–	+	–	–	+
Стабильность	–	+	+	+	+	+	+
Юзабилити + дизайн	–	+	+	+	–	+	+

Опрос: разрабатываемый прототип должен позволить людям найти единомышленников и присоединиться к группам, которые объединяют участников по общему интересу к настольным играм. Идея заключается в том, что организатор создает событие, описывает его, и пользователь решает, посетит ли он его или нет. Вопросник сделан отдельно для пользователей сервиса, чтобы понять, какие функции они хотели бы в нем видеть для комфортного использования и отдельно для организаторов, чтобы понять, какие функции им нужны для того, чтобы создавать события. Потенциальные участники сервиса – молодые люди. Они должны быть не моложе 18 лет, чтобы иметь возможность свободно принимать решение о посещении события без разрешения родителей. Участниками анкеты являются российские студенты в возрасте от 21 до 24 лет. Один из вопросов анкеты и его статистика представлены на рисунке.

What information would give you the complete picture of the event to decide whether you attend it or not?

(21 responses)

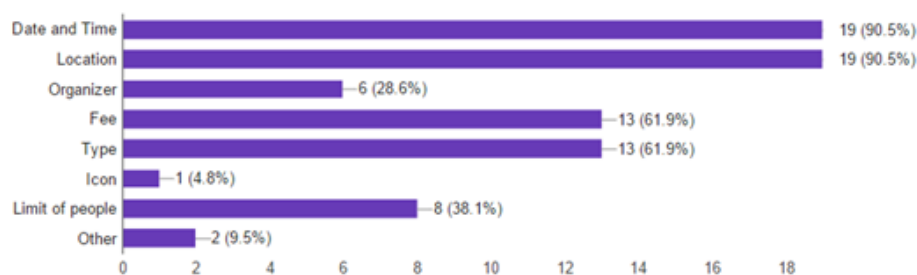


Рисунок. Один из вопросов анкеты и его статистика

Анализируя научные статьи, существующие сервисы и ответы людей на вопросник, окончательные требования к системе были сформулированы.

Организатор – одна из ключевых фигур в системе, потому что он/она является тем, кто организует мероприятие и осуществляет встречу людей друг с другом. Тем не

менее, нет необходимости создавать специальный аккаунт для организатора мероприятия, потому что в то же время он/она может захотеть зарегистрироваться на другое событие в качестве посетителя без необходимости создания нового аккаунта для этого. Вместо этого любой пользователь может стать организатором. Для этого он/она просто должен создать событие. Любой, кто создает событие, автоматически становится организатором данного мероприятия. Таким образом, любой пользователь имеет возможность быть организатором одного события и участником другого.

Для того чтобы организовать мероприятие, система должна обеспечивать следующие функции: название события, даты начала и окончания мероприятия, описание мероприятия, ключевые слова, тип настольной игры, место встречи, контактные данные, оплату и количество участников. Кроме того, система должна позволить организаторам установить конечный срок регистрации пользователей на событие: время и дату, когда регистрация на мероприятие прекращается. Организатор также должен иметь возможность видеть список людей, зарегистрированных на событие.

Для участников мероприятия система должна обеспечивать удобную функцию поиска событий с помощью ключевых слов с возможностью добавления фильтров, таких как дата события, регион и тип настольной игры, чтобы сузить результаты. Кроме того, пользователи должны иметь возможность оставлять комментарии к событиям и сообщать администрации, если они находят что-то неуместным. Вместе с тем, система должна позволять им видеть события на карте. Табл. 4 и 5 демонстрируют все функции, которые должна иметь система. В табл. 4 приведены характеристики для организаторов, а в табл. 5 показаны функции для участников мероприятий.

Таблица 4. Характеристики для организаторов мероприятий

Характеристики для организаторов мероприятий	обязательные	рекомендуемые
Название события	X	
Дата начала и конца	X	
Описание	X	
Ключевые слова	X	
Вид настольной игры	X	
Местонахождение	X	
Контактная информация		X
Оплата		X
Лимит пользователей	X	
Дата окончания регистрации		X
Список людей, зарегистрированных на мероприятия		X
RSVP	X	

Таблица 5. Характеристики для участников мероприятия

Возможности для участников мероприятия	обязательное	рекомендуемые
Поле поиска с ключевым словом	X	
Фильтр поиска (даты событий)	X	
Фильтр поиска (тип настольной игры)	X	
Фильтр поиска (регион)	X	
Возможность комментирования события		X
Кнопка жалобы	X	
Возможность искать интересное событие на карте Google		X

Таким образом, сформулированы все необходимые требования для дальнейшей разработки сервиса [3–5].

## Литература

1. Griep M. Hobby Games Market Nearly \$1.2 Billion [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://icv2.com/articles/news/view/35150/hobby-games-market-nearly-1-2-billion>, своб.
2. Аналитический отчет. Discovery research group. Анализ рынка настольных игр в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://drgroup.ru/463-analiz-rinka-nastolnix-igr-v-rossii>, своб
3. Preston J. Infographic: the importance of face to face networking [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.virgin.com/entrepreneur/infographic-the-importance-of-face-to-face-networking>, своб.
4. Pennisi E. How humans became social [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.wired.com/2011/11/humans-social/>, своб.
5. Wang C., Ye M., Lee W. From face-to-face gathering to social structure // Proceedings of the 21st ACM international conference on Information and knowledge management. – 2012. – P. 465–474.

УДК 004.891

### ВЫБОР МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ В МОБИЛЬНОМ ПРИЛОЖЕНИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА УСТАЛОСТИ

Кожугулова А.К.<sup>1</sup>

Научный руководитель – к.т.н., доцент Ключев А.О.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе проведен анализ моделей представления знаний в экспертных системах, рассмотрены возможности создания системы оценки усталости на основе выбранной модели для мобильных устройств, представлен прототип пользовательского интерфейса будущей системы.

**Ключевые слова:** экспертные системы, база знаний, семантические сети, фреймы, мобильные экспертные системы.

**Введение.** Экспертные системы (ЭС) как направление интеллектуального программного обеспечения, а в целом – развития методов искусственного интеллекта являются одним из интенсивно и широко развивающихся областей, начиная с 60-х годов прошлого столетия. Их разрабатывают для самых различных областей практической деятельности человека, так как ЭС, по известному определению, – программы (комплексы программного обеспечения), оперирующие знаниями в специализированной предметной области с целью выработки рекомендаций или решения задач [1–3]. В связи с этим наиболее известные из них знакомы либо специалистам в этих конкретных областях, либо разработчикам в качестве наиболее удачных моделей разработки.

Существующие экспертные системы можно отнести к различным категориям в соответствии с назначением, т.е. решаемым в них задачам (известны системы по диагностике, планированию, прогнозированию, обучению, интерпретации данных); по масштабности и компьютерной реализации (типу вычислительных машин – платформе), а также степени интегрированности [1–3].

Новый виток развития экспертных систем связан с мобильными вычислительными устройствами, с отраслью, которая, в свою очередь, развивается весьма стремительно. Разработка ЭС для таких устройств накладывает ряд требований, связанных с системными требованиями для функционирования программного обеспечения, содержащего все необходимые компоненты ЭС. В настоящее время большое внимание уделяется развитию мобильных приложений, получившим название mHealth (мобильная телемедицина, или Mobile+Health), которые считаются одним из

наиболее перспективных направлений в развитии компьютерных медицинских технологий. Развитие облачных технологий и вычислительные мощности мобильных устройств позволяют, как сохранять в облаке всю собираемую информацию о состоянии здоровья пользователя, так и выдавать решения по предварительному диагнозу на основе анализа множества параметров. Внедрение сетей нового поколения реализует более высокую пропускную способность передачи медицинских данных по сетям мобильной связи. По прогнозам аналитиков к 2020 г. в сетях мобильной связи будут функционировать более 60 млн приборов мониторинга здоровья пациентов [4].

Наряду с сугубо медицинскими ЭС, разрабатываются в отдельных случаях приложения с элементами экспертных систем, для оценки риска усталости специалистов в конкретной сфере деятельности. К тому же само понятие риска усталости, или просто усталости становится в наше время одним из важных факторов эффективной работы сотрудника, правильной организации времени его труда и отдыха, а для контроля жизненных показателей необходим постоянный мониторинг его состояния.

Оценка усталости работника включает выявление опасностей для здоровья, расчет размеров возможных ущербов здоровью, вероятностей их возникновения, расчет значения показателей рисков [5].

Риск  $R$  в общем случае рассчитывают суммированием произведений возможных дискретных значений ущерба здоровью и жизни работника  $U_i$  на вероятности их наступления  $P_i$ :

$$R = \sum_{i=1}^N P_i U_i, \quad (1)$$

где  $N$  – количество дискретных значений возможных ущербов (одного типа и размерности) или объединяющих их групп.

Вычисляемое по формуле (1) значение является математическим ожиданием дискретной случайной величины – ущерба здоровью и жизни работника. Если ущерб  $U$  является непрерывной случайной величиной, имеющей плотность распределения вероятностей  $f(U)$ , то риск рассчитывают по формуле:

$$R = \int U f(U) dU. \quad (2)$$

Интеграл берут по всему интервалу изменения ущерба  $U$ .

Характеристики случайных чисел, в том числе значения вероятности и ущерба, как правило, определяют по репрезентативной ограниченной по объему и времени выборке. В этом случае формула (1) приобретает следующий вид:

$$R^* = \sum_{i=1}^N P_i^* U_i, \quad (3)$$

где  $R^*$  – статистическая оценка риска;  $P_i^*$  – частота наступления  $U_i$  ущерба здоровью и жизни работника.

**Описание задачи.** В данной работе рассмотрены возможности создания приложения с элементами экспертной системы для мобильного устройства, предназначенного для оценки усталости пользователя, с учетом области профессиональной деятельности, на основе анализа существующих моделей представления знаний. Создание таких ЭС представляется актуальной задачей наряду с системами mHealth. Реализация ЭС управления риском усталости становится возможным на фоне того, что для платформ iOS и Android создано большое число приложений, позволяющих подключать различные дополнительные устройства и датчики, которые превращают обычный смартфон в медицинский прибор (например, снять ЭКГ, измерить давление и т.п.) [5]. Такие ЭС помогут пользователям оценивать свое состояние и предупреждать различные риски возникновения нежелательных последствий.

При разработке любой экспертной системы, как известно, следует учесть составляющие его основные компоненты (рис. 1), такие как [1–3]:

– база данных (БД), предназначение которой заключается в хранении исходных и промежуточных данных, используемых в решаемой в данный момент времени задаче;

- база знаний (БЗ), предназначенная для хранения данных, описывающих рассматриваемую специализированную область, а также правил, которые описывают необходимые преобразования в этой области;
- решатель – компонент, который с использованием исходных данных из БД и знаний из БЗ, формирует последовательность предписаний, применяемых к исходным данным и приводящих к решению поставленной задачи;
- компонент приобретения знаний, предназначенный для наполнения ЭС знаниями специалистами в этой области – экспертом или группой экспертов;
- объяснительный компонент, для пояснения – каким образом ЭС получила или не получила решение задачи и какие знания были применены;
- диалоговый компонент, или компонент пользовательского интерфейса, назначение которого – организация взаимодействия с пользователем ЭС.

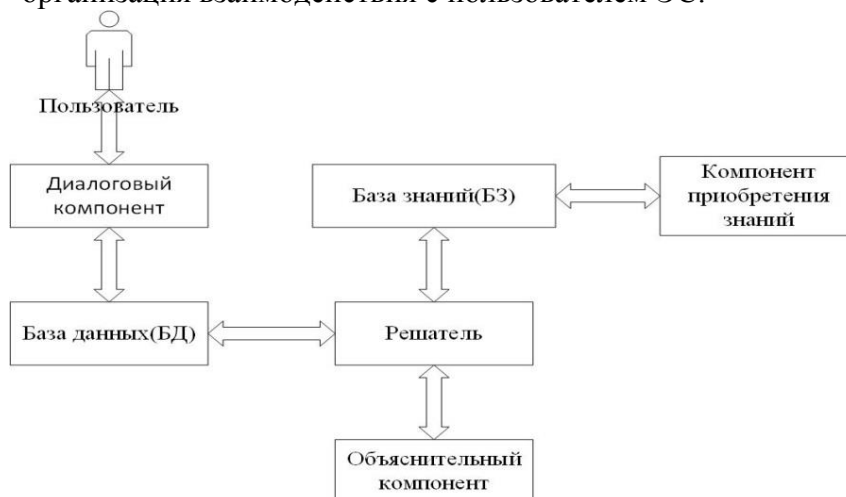


Рис. 1. Структура экспертной системы

Основой процесса создания ЭС является описание структуры понятий программного средства, выбор модели представления знаний и структурирования знаний с помощью выбранных средств описания в целях упрощения процесса принятия решения. На выбор типа модели наиболее значимое воздействие оказывают, по крайней мере, два фактора:

1. особенности предметной области, связанные с формой представления знаний;
2. назначение и тип ЭС в зависимости от решаемой задачи (планирования, диагностики, мониторинга, интерпретации данных и т.п.), которые можно объединить в две группы (ЭС анализа и синтеза).

В настоящее время существует несколько моделей формирования баз знаний в ЭС, и каждая из них может быть реализована в мобильных приложениях.

Формирование БЗ является ответственной задачей с точки зрения языка представления знаний и представления фактов, описывающих состояние, и составляющих объектов предметной области, их свойств, а также правил, способов решения задачи [1–3]. Каждая из моделей знаний характеризуется своими достоинствами и недостатками:

1. логическая модель знаний. Основные достоинства логических моделей знаний: классический аппарат матлогики; относительно эффективные процедуры вывода; можно хранить только аксиомы, а все остальные знания получать из множества этих аксиом по правилам вывода. К недостаткам данной модели относится способ описания предметной области, который приводит к потере некоторых нюансов, свойственных естественному восприятию человека, что снижает описательную возможность таких моделей;
2. продукционная модель. Основные достоинства: высокая модульная организация, упрощается представление знаний и расширение ЭС; правила позволяют легко создавать

- средства объяснения; наглядность – применяется простое представление знаний в виде правил ЕСЛИ-ТО; легко вносить дополнения и изменения. К недостаткам относится противоречие, которое может возникнуть при накоплении большого количества продукций. Для ограничения роста противоречивости вводят механизмы ограничений и возвратов в виде правил-исключений. Их отличает большая конкретность в отличие от обобщенных правил. При наличии исключения основное правило не применяется;
3. сетевая модель. Достоинства: имеется возможность представлять знания в более естественном и структурированном виде, а организация семантической сети наиболее соответствует представлениям долговременной памяти человека; наглядность системы знаний. К недостаткам относятся: сложность организации процедуры поиска вывода на семантической сети; необходимость специального аппарата формального вывода. Нет четкого представления о структуре предметной области, поэтому производить изменения в ней затруднительно;
  4. фреймовая модель представления знаний. Достоинства: позволяет использовать объектно-ориентированный подход; универсальность; знания хранятся явно. Значения слотов представляются в системе в единственном экземпляре, что обеспечивает эффективное размещение БЗ в памяти устройства; значение любого слота может быть вычислено с помощью соответствующих процедур или при помощи эвристических методов. Это означает, что фреймовая модель может быть использована для представления как декларативных, так и процедурных знаний. Недостатком данной модели является ее высокая сложность, влияющая на скорость работы механизма вывода и внесение изменений в иерархию.

**Обоснование выбора модели представления знаний.** Оценка риска усталости заключается в обработке большого количестве данных о человеке – личной информации пользователя, режиме сна, активности в течение дня. Фреймовая модель позволяет систематизировать полученные знания в виде объектов и их атрибутов, а также позволяет создавать иерархические связи между ними. На практике бывает так, что в процессе постановки диагноза может возникнуть неопределенность (неполнота) информации. В таких случаях эксперт субъективно оценивает каждый симптом и делает определенные выводы. Разрабатываемая система не должна останавливать работу в условиях частичной неопределенности или недостатка входных данных. В условиях частичной неопределенности для вычислений успешно применяется теория нечеткой логики. Использование данной теории также позволяет разрабатывать методы для работы с приближенными знаниями и даже для вычислений со словами. Использование в рамках выбранной организации системы (рис. 2) фреймовой модели в сочетании с теорией нечеткой логики позволит максимально точно оценить риск усталости пользователя и выдать ему соответствующие рекомендации.

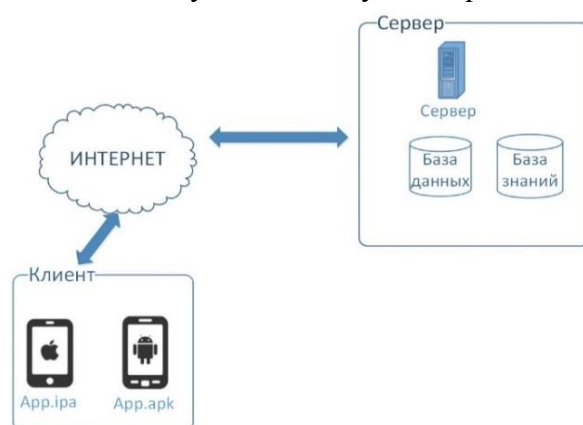


Рис. 2. Организация системы управления рисками усталости

Согласно выбранной предметной области, БЗ системы управления рисками усталости будет хранить следующие знания: личные данные пользователя; сведения о состоянии пользователя; статистика продолжительности сна; статистика физической нагрузки; экспертные сведения об усталости (симптомы, факторы, методы их предотвращения); экспертные знания, необходимые для принятия мер при критическом состоянии пользователя; экспертные рекомендации.

**Определение и контроль риска усталости.** Для оценки и контроля риска усталости мобильное приложение будет обладать следующими возможностями: тестирование (на реакцию, самочувствие, питание); отслеживание режима сна; отслеживание пульса, давления; отслеживание физической нагрузки.

В соответствии результатами оценки риска усталости приложение будет выдавать рекомендации по нормализации режима сна, по нормализации режима питания, нормализации физической нагрузки. Также приложение позволит обращаться к специалистам напрямую.

**Прототип интерфейса пользователя.** В соответствии с вариантами использования системы управления рисками усталости, был разработан прототип пользовательского интерфейса (рис. 3).

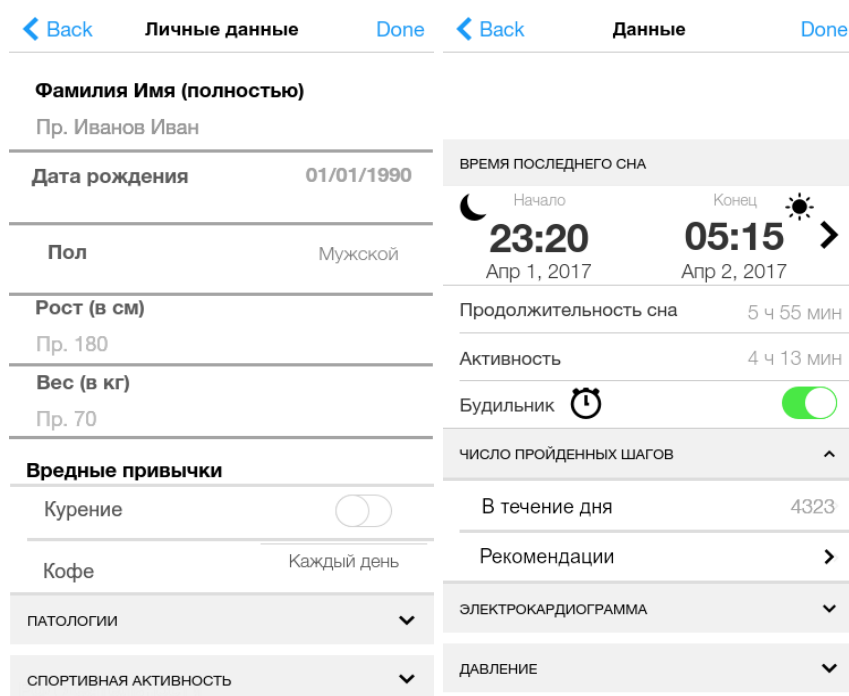


Рис. 3. Интерфейс пользователя. Личные данные

**Выводы.** С развитием мобильных и экспертных систем существует возможность и необходимость разработки мобильной системы управления рисками усталости с элементами экспертной системы. В связи с этим в работе приведен обзор существующих моделей представления знаний, приведено краткое обоснование выбора фреймворка системы, в силу ее универсальности. Описаны функции создаваемого мобильного приложения и представлен прототип пользовательского интерфейса. Актуальность разработки связана с возможностью самостоятельного мониторинга состояния здоровья сотрудника, правильной организации времени труда и отдыха.

### Литература

1. Джарратано Дж., Райли Г. Экспертные системы. Принципы разработки и программирование. – 4-е изд. / Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2007. – 1152 с.
2. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб.: Питер, 2000. – 384 с.
3. Частиков А.П., Гаврилова Т.А., Белов Д.Л. Разработка экспертных систем. Среда CLIPS. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 608 с.
4. Цифровая трансформация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://data.cnews.ru/>, своб.
5. ГОСТ Р 12.0.010-2009. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков. – Введен 01.01.2011. – М.: Стандартинформ, 2011. – 16 с.

УДК 004.056.5

#### A STUDY OF DIFFERENT AUTHENTICATION METHODS ON WEB RESOURCES

Komarova A.V.<sup>1</sup>, Menshchikov A.A.<sup>1</sup>

Scientific supervisor – Tishukova N.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ITMO University

These days web resources keep and process a lot of valuable information. Confidential data and private pages have to be protected due to business processes. To implement this requirement and limit the number of people having access to the restricted resources, you need to configure proper authentication system on your website. Unfortunately, authentication is often implemented incorrectly, which leads to information leaks. A conclusion about the most suitable application areas of each method on World Wide Web resource has been made and possible combinations of approaches as well as their further implementation tendency are discussed in this paper.

**Keywords:** authentication, password, cryptography, biometrics, token, third-party resources, graphic passwords, dynamic passwords.

There are a considerable number of different methods and ways to confirm access on the World Wide Web. We provide a comparison study of several authentication methods on web resources. These methods are classified into several groups by implementation strategy and their possible advantages. We analyze differences of these groups, their convenience and disadvantages. It is common to compare entire groups of methods instead of specific ones because their implementation often changes and their implementation can be obsolete. On the contrary, fluctuations of a single method cannot affect characteristics of the group it belongs to [1–5].

We have chosen the following authentication methods: simple passwords, graphic passwords, dynamic passwords, tokens, authentication through third-party resources, cryptography, biometrics, and multivariate authentication.

Comparative analysis of the methods is based on three main groups of characteristics: application simplicity, implementation complexity and security solutions. The first group includes several obstacles of code value remembering, the necessity of auxiliary devices, additional action performing as well as complexity of method development, average authentication time, frequency of errors, and restore complexity of authenticator in case of its loss. The second group includes characteristics of method availability, costs, and requirements for server and client architecture as well as method proprietary. The third group focuses on the method sustainability to brute force attacks, target and non-target monitoring, attacks by indirect hacking, phishing attacks and theft.

In Fig. 1–3, level 1 denotes the worst performance characteristics, 2 – medium, 3 – high.



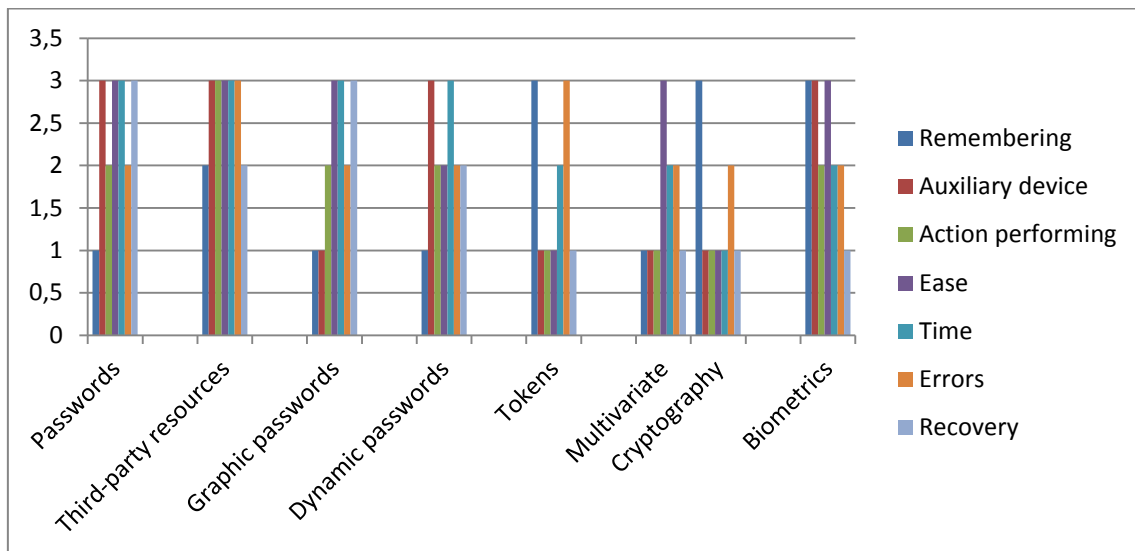


Fig. 1. Application simplicity of methods

As we can see from Fig. 1 the third-party resources show the best characteristics which can be easily applied (five highest scores and two medium). Cryptography shows the worst characteristics (five lowest scores, one medium and one highest). It means the usage of one-click authentication through third party is more convenient and native for users while the most secure solutions can often be difficult to know how to use.

Fig. 2 shows us that the password is the best method according to implementation complexity (five highest scores). Biometrics demonstrates the worst characteristics (five lowest scores). The results are predictable. The simplest and the most obvious method is the easiest one to implement in the code. It also affects the costs of the solution and the diversity of client as well as server realizations.

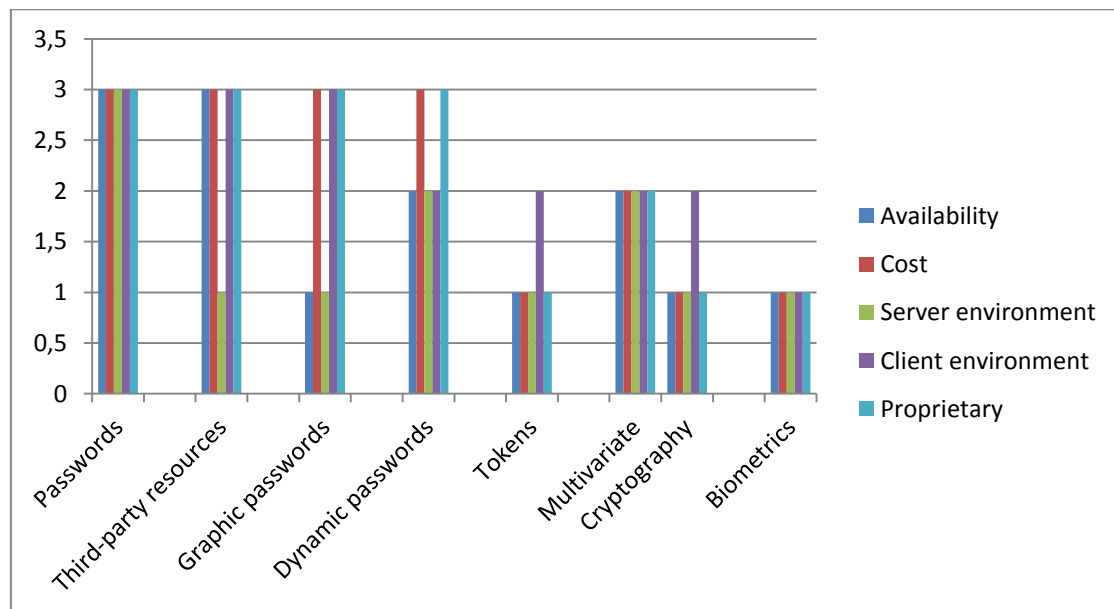


Fig. 2. Implementation complexity of methods

From Fig. 3 we can see that cryptography is the most secure method (five highest scores) and password is the least secure method (four lowest and one highest scores). It shows us the inverse relationship between usage simplicity and security. However, the correlation of advantages and disadvantages, which allows website owner to make better decision for specific situation, what is the most interesting.

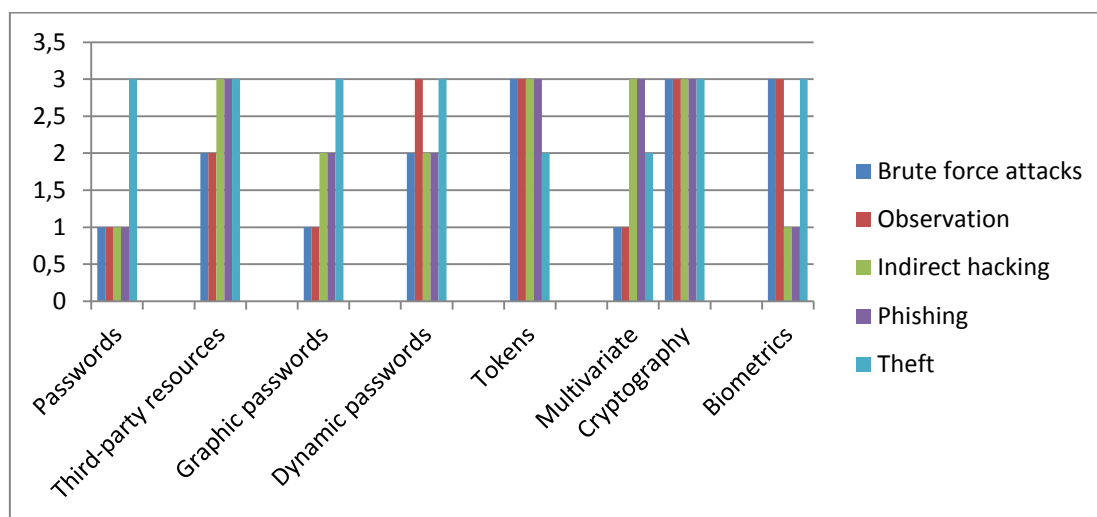


Fig. 3. Security of methods

**Results.** We can conclude that password authentication is the simplest to be implemented but at the same time, it is not safe and requires memorizing passwords.

Secure methods with the use of tokens are strong in most cases; however they need implementation of proprietary and expensive tools. Two-factor authentication is the best approach due to combination of different methods which allows to guarantee a high protection level against different types of threats. Unfortunately, secure methods require additional settings to implement and reduce usability. The most user-friendly are those solutions which require fewer actions for users. It can also lead to a decrease in security. Third-party authentication methods are well-balanced because they do not require too complicated backend architecture, but they are based on the third-party security. Graphical and dynamic passwords are simple and easy to use and at the same time more secure than traditional passwords. Cryptography and biometrics are the most secure approaches but they are not easy to use and they have higher implementation complexity than other methods.

**Conclusion.** We can make a conclusion that every method has its own application area and there is no perfect approach. Security has got reverse dependency on application and implementation simplicity; however, every specific requirement can be satisfied by a combination of methods. Website owners should estimate all benefits and drawbacks before making a decision, taking into account threats and information value.

Due to the limitations of functional authentication methods, their future development can be based on the implementation of cryptographic approaches. This leads to high demand for creation of new methods, which are based on the combination of different approaches as well as for the development of original algorithms which use cryptography.

### References

1. Menshikov A.A., Gatchin Yu.A. Detection methods for automated data collection on web resources // *Cybernetics and programming*. – 2015. – № 5. – P. 136–157.
2. Piskova A.V., Korobeynikov A.G. Development of a digital signature algorithm based on factorization and discrete logarithming on the elliptic curves // *Collection of works of the IV all-Russian young scientists' congress*. – 2015. – P. 322–326.
3. Nam J., Choo K.-K.R., Paik J., Won D. An Offline Dictionary Attack against a Three-Party Key Exchange Protocol // *IEEE Communication Lett.* – 2009. – V. 13. – P. 205–207.

4. Mulyono D. and Jinn H.S. A Study of Finger Vein Biometric for Personal Identification // Proceedings of the IEEE International Symposium on Biometrics and Security Technologies. – 2008. – P. 1–8.
5. Lee J., Cha S., Lee D., Lee H. Classification of web robots: An empirical study based on over one billion requests // Computers and security. – 2009. – V. 28. – P. 795–802.

УДК 621.391.8

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ДЛЯ ПРИЕМА РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ  
И ПОДАВЛЕНИЯ ШИРОКОПОЛОСНОЙ ПОМЕХИ  
В 2-МИКРОФОННОЙ РЕШЕТКЕ**

**Копеев К.<sup>1</sup>, Столбов М.Б.<sup>1</sup>**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент Столбов М.Б.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Университет ИТМО

Работа выполнена в рамках темы НИР № 616029 «Разработка и исследование методов и алгоритмов распознавания эмоционального и психофизического состояния человека по многомодальным данным».

Исследован и реализован алгоритм для приема широкополосного сигнала и подавления широкополосной помехи в 2-микрофонной решетке, принимающей широкополосные акустические сигналы одновременно от двух источников. Данный алгоритм основан на применении обработки в частотных полосах 2-микрофонной решетки для выделения полезного сигнала и подавления помех. Представлены результаты экспериментальной проверки алгоритма.

**Ключевые слова:** 2-микрофонная решетка, выделение полезного сигнала, подавление помех, диаграмма направленности, обработка сигнала.

2-микрофонные решетки (MP2) получили широкое применение благодаря своей простоте и возможности компактного размещения. Различают 2 типа MP2 – broadside и endfire [1]. Алгоритмы обработки сигналов этих MP2 существенно различаются. Вопросам обработки сигналов MP2 для различных приложений посвящено большое число работ. Основными задачами обработки сигналов MP2 является выделение целевых сигналов на фоне диффузных и когерентных помех [2].

Данная работа посвящена задаче выделения целевого речевого сигнала (РС) в присутствии широкополосных когерентных помех с использованием MP2 типа broadside. В работе проанализирован алгоритм обработки сигналов MP2.

Для простоты понимания фундаментальных принципов рассмотрен простейший случай двух источников сигналов: целевого и помехи [3].

Известно, что с помощью микрофонной решетки с  $M$  микрофонами можно сформировать единичную функцию пространственного отклика в направлении источника целевого сигнала и до  $M-1$  нулей ДН в направлениях источников помех [4]. Рассмотрим данный алгоритм для простейшего случая MP2.

Общая схема обработки сигналов представлена на рис. 1.

Рассмотрим сценарий двух источников сигналов (целевого и помехи). Представим сигналы в частотной области (STFT domain). В этом случае вектор сигналов микрофонов  $\mathbf{M}(f, k)$  в момент времени  $k$  может быть записан в следующем виде:

$$\mathbf{M}(f, k) = [M_1(f, k), M_2(f, k)]^T = S(f, k) \times \mathbf{D}(\theta_S) + V(f, k) \times \mathbf{D}(\theta_V),$$

где  $f, k$  – индексы частоты и кадра соответственно;  $S(f, k)$  – целевой сигнал;  $V(f, k)$  – сигнал помехи;  $\mathbf{D}(\theta_S)$  и  $\mathbf{D}(\theta_V)$  – вектора направления прихода целевого сигнала и помехи;  $\theta_S, \theta_V$  – направления на источник сигнала и помехи.

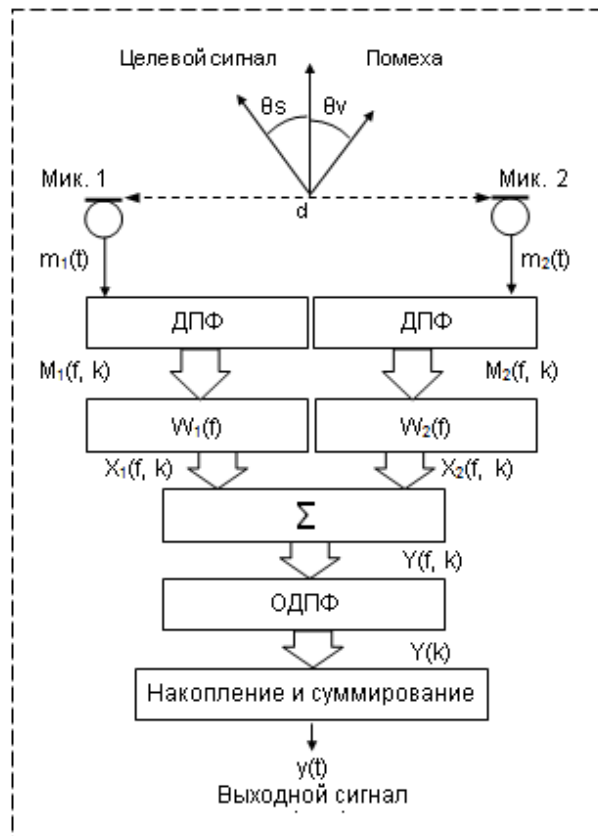


Рис. 1. Схема обработки сигналов МР2 в частотной области

Для упрощения уравнений по сравнению с решением [5] будем рассчитывать фазовые сдвиги сигналов на микрофонах относительно точки центра между микрофонами. Вектора направления сигнала и помехи описывают фазовые сдвиги на микрофонах в случае прихода сигнала с соответствующего направления:

$$\mathbf{D}(\theta_S) = [e^{j\Phi_S}, e^{-j\Phi_S}]^T$$

$$\mathbf{D}(\theta_V) = [e^{j\Phi_V}, e^{-j\Phi_V}]^T,$$

где  $\Phi_S$  и  $\Phi_V$  – фазовые сдвиги целевого сигнала и помехи относительно точки центра между микрофонами:

$$\Phi_S = \pi d \frac{\sin(\theta_S)}{\lambda} = \pi d f \frac{\sin(\theta_S)}{c}$$

$$\Phi_V = \pi d \frac{\sin(\theta_V)}{\lambda} = \pi d f \frac{\sin(\theta_V)}{c},$$

где  $\theta_S$ ,  $\theta_V$  – углы направления на источник сигнала и помехи относительно оси МР2;  $d$  – расстояние между микрофонами;  $\lambda$  – длина волны, соответствующая частоте  $f$ ;  $c$  – скорость звука.

Обработка сигналов микрофонов в частотной области заключается в их взвешивании:

$$S(f, k) = W_1(f)M_1(f, k) + W_2(f)M_2(f, k),$$

где  $W_1(f)$  и  $W_2(f)$  – комплексные весовые коэффициенты.

Алгоритм основан на таком подборе коэффициентов фильтра, при котором помеха полностью подавлена, а целевой сигнал полностью сохранен. Запишем соответствующую этим требованиям систему уравнений для комплексных коэффициентов:

$$1 = W_1(f)e^{j\Phi_S} + W_2(f)e^{j\Phi_V}$$

$$0 = W_1(f)e^{-j\Phi_S} + W_2(f)e^{-j\Phi_V}.$$

Решение этой системы уравнений относительно весовых коэффициентов приводит к следующему решению:

$$W_1(f) = \frac{e^{-j\Phi_V}}{\Delta}$$

$$W_1(f) = \frac{e^{-j\Phi_V}}{\Delta},$$

где  $\Delta$  – определитель матрицы:  $\Delta = e^{j(\Phi_S - \Phi_V)} - e^{-j(\Phi_S - \Phi_V)} = 2 \sin(\Phi_S - \Phi_V)$ .

Рассмотрим пространственный отклик (модуль передаточной функции) МР2 на сигнал, приходящий с направления  $\theta_X$ . При этом  $\Phi_x = \pi d \sin \theta_x / \lambda$ .

$$Y(f, k) = X(f, k) W^H(f) D(\theta_X, f)$$

$$D(\theta_X, f) = [e^{j\Phi_x}, e^{-j\Phi_x}]^T.$$

Пространственный отклик МР определяется соотношением:

$$B(\theta_X, f) = \left| \frac{Y(f, k)}{X(f, k)} \right| = W^H(f) D(\theta_X, f) = \left| \frac{\sin[\frac{\pi d f}{c}(\sin(\theta_X) - \sin(\theta_V))]}{\sin[\frac{\pi d f}{c}(\sin(\theta_S) - \sin(\theta_V))]} \right|.$$

На рис. 2 представлены графики пространственного отклика МР2 со следующими параметрами:  $d=5$  см,  $\theta_S = 45^\circ$ ,  $\theta_V = -30^\circ$ . Пространственный отклик сохраняет сигнал с целевого направления и формирует ноль в направлении помехи:  $B(\theta_S, f)=1$ ,  $B(\theta_V, f)=0$ .

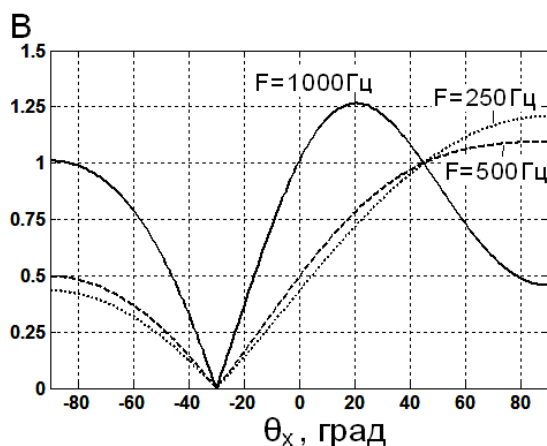


Рис. 2. Диаграмма направленности МР2  $d=20$  см,  $\theta_S=45^\circ$ ,  $\theta_V=-30^\circ$

Из рис. 2 видно, что при наличии двух находящихся под разными углами к решетке источников широкополосных акустических сигналов разработанный алгоритм обеспечивает полное подавление сигнала, приходящего по одному угловому направлению, и неискаженный прием сигнала по другому угловому направлению.

Свойства алгоритма:

- схема обработки сигналов заключается в формировании нуля передаточной функции МР2 в направлении помехи и усиления сигнала целевого источника;
- сформулированные условия не являются реалистичными, поскольку пространственное положение источников полезного сигнала и помехи может меняться;
- помимо основного источника помехи возможно присутствие многих других источников, сигналы которых рассчитанная МР2 подавлять не будет;
- МР2 с полученными (оптимальными) коэффициентами может привести к значительному усилению сигналов, приходящих с направлений, отличных от  $\theta_S$  и  $\theta_V$ ;
- возможным решением проблемы чрезмерного усиления сигналов является ограничение величин весовых коэффициентов.

**Заключение.** Рассмотрен алгоритм выделения целевого сигнала с заданного направления в присутствии когерентной помехи и известного направления. Практическая обработка сигналов не может быть основана на столь подробной информации о расположении и характере источников сигналов [6]. Проведенный анализ показывает, что с помощью подстройки комплексных весовых коэффициентов обеспечивается решение

задачи выделения целевого сигнала и подавления помехи. Полученные результаты могут быть полезны для реализации адаптивных алгоритмов обработки МР2.

Задачей дальнейшей работы является исследование и реализация алгоритмов адаптивной компенсации помех в отсутствии информации об их пространственном положении.

### Литература

1. Brandstein M., Ward D. *Microphone Arrays. Signal Processing Techniques and Applications.* – Springer, 2001. – 402 p.
2. Benesty J., Chen J., Huang Y. *Microphone Array Signal Processing.* – Springer, 2008. – 245 p.
3. Fischer S., Kammeyer K., and Simmer K. Adaptive Microphone Arrays for Speech Enhancement in Coherent and Incoherent Noise Fields // Proc. 3rd meeting of the Acoustical Society of America and the Acoustical Society of Japan. – 1996. – P. 1–30.
4. Li M. Advanced array processing techniques and systems // *International Journal of Computer Research.* – 2009. – V. 17(4). – P. 381–414.
5. Кривошейкин А.В., Перелыгин С.В. Микрофонная решетка для реализации направленной акустической антенны // *Изв. вузов. Приборостроение.* – 2015. – Т. 58. – № 3. – С. 221–225.
6. Монзиго Р.А., Миллер Т.У. *Адаптивные антенные решетки.* – М.: Радио и связь, 1986. – 448 с.

### УДК 659.1

## НАСТРОЙКА РЕКЛАМЫ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

Купратая Л.В.<sup>1</sup>

Научный руководитель – д.э.н., профессор Максимова Т.Г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

В ходе работы были выявлены преимущества и недостатки социальных платформ для использования инструментов социального медиа маркетинга, разработан алгоритм составления рекламного объявления для социальных сетей.

**Ключевые слова:** социальный медиа маркетинг, реклама, продвижение, маркетинг, социальные сети.

Любое маркетинговое исследование начинается с определения целевой аудитории, исходя из которой, выбирается платформа, т.е. социальная сеть для рекламы. Направление в маркетинге, занимающееся продвижением товаров через социальные сети – Social Media Marketing (социальный медиа маркетинг), который отвечает на вопрос «Как продать товар, используя социальные сети?».

Самыми популярными и, что важно, с официальной рекламой, являются ВКонтакте, Instagram и Facebook. У каждой социальной сети есть свои особенности и преимущества. Если задача заключается в выводе товара на рынки Дальнего Зарубежья или Америки, то целесообразнее использовать Facebook в ходе рекламной кампании. Тем более у жителей этих стран преобладает безналичный расчет, следовательно, им легче решиться на покупку, и они, в принципе, платежеспособны.

Настройка рекламы аналогична во всех социальных сетях. В данной работе были рассмотрены самые простые и понятные примеры – ВКонтакте и Instagram.

Реклама ВКонтакте бывает трех видов:

1. реклама на боковой панели, зависящая от запросов в браузере;
2. рекламные объявления в новостной ленте (особенно заметны в мобильной версии); кроме того, такие объявления чаще всего содержат ссылки на сторонние сайты;
3. реклама мобильных приложений [1].

По статистике ВКонтакте самым популярным видом рекламы является реклама записей в сообществе, так как она органично вписывается в общую новостную ленту, и пользователи, чаще всего, не воспринимают запись как рекламную.

**Настройка рекламы ВКонтакте.** На меню социальной сети расположена ссылка «Реклама», перейдя на которую попадаем в личный рекламный кабинет. В этом кабинете собрана вся информация о текущем состоянии объявлений: их количество, бюджет, статистические данные о количестве просмотров и показов. Здесь также можно создать новое объявление.

Рассмотрим алгоритм создания нового объявления.

В первую очередь необходимо определиться с объектом рекламы, т.е. ответить на вопрос: «Что Вы будете рекламировать?». ВКонтакте предлагают осуществлять рекламу:

- сообщества (группы, публичной страницы или встречи);
- записи в сообществе;
- приложения;
- внешнего сайта (ссылка на сайт).

После определения объекта рекламы необходимо произвести детализацию объявления. Указать заголовок объявления, описание. Выбрать тематику, возрастные ограничения, географические данные и загрузить изображение. Следует отметить, что чем точнее будет определена целевая аудитория, тем точнее будет настроена реклама, следовательно, и результат будет лучше.

В этой связи одним из самых важных этапов является выбор целевой аудитории:

- демография (пол, возраст, семейное положение);
- интересы (сообщества, приложения, интересы);
- образование и работа (университет, школа, год окончания/поступления, место работы).

Дополнительные параметры при настройке рекламы в рекламном кабинете нужны для определения операционной системы, браузера и устройств, с которых будет просматриваться реклама. Это больше технические параметры по настройке красивого и понятного пользователю изображения.

**Настройка цены.** ВКонтакте рекомендует устанавливать стоимость за 1000 показов с выбором ограничения показов, исходя из целевой аудитории.

Стоимость таргетированной рекламы ВКонтакте складывается из двух параметров – конкуренции на выбранную аудиторию и кликабельности вашего объявления, выраженной в таком параметре, как CTR (количество переходов по объявлению, поделенное на количество показов):

1. за переходы (CPC) – оплата за переходы хороша для тех, у кого большой бюджет. Вы просто ставите стоимость перехода и строго по этой стоимости вы платите за каждый клики;
2. за показы (CPM) – оплата за каждые 1000 показов вашего объявления за установленную вами цену [1].

Оплата за показы используется чаще всего, потому что позволяет экономить.

Хорошим CTR будет считаться показатель выше 1%, т.е. если из 1000 просмотров 10 человек зайдут на сайт. Невысокая стоимость объявлений – цена может быть от двух рублей – позволяет показать объявление много раз, увеличивая тем самым число просмотревших.

Бывает ли так, что таргетированная реклама не работает? Бывает. Как правило, в тех нишах, где социальный медиа маркетинг в принципе неэффективен. Например, в промышленном B2B.

Как и у всех способов продвижения ВКонтакте, у таргетированной рекламы есть свои плюсы и минусы.

Плюсы:

- гибкие настройки. По сравнению с похожими системами в других соцсетях, социальная сеть ВКонтакте ушла далеко вперед: сейчас ее система насчитывает 20 разных параметров, по которым можно искать целевую аудиторию, и их количество постоянно растет. Есть интересные нестандартные настройки, например, показ объявлений тем, у кого в течение недели будет день рождения. Если проект (объект) привязан к конкретному городу (например, школа танцев в Пскове), реклама ВКонтакте будет главным способом продвижения;
- официальный метод продвижения. Почти все другие способы привлечения подписчиков внутри соцсети в той или иной степени являются неофициальными и в любой момент могут быть перекрыты;
- высокая скорость запуска: после процесса настройки реклама может быть запущена буквально в течение часа после оплаты и прохождения модерации.

**Настройка рекламы в Instagram.** Люди заходят в Instagram, чтобы рассказать о себе, найти источники вдохновения и выразить свое отношение к публикациям. Компании же используют Instagram, чтобы рассказать миру о своем бренде, найти клиентов и продвигать свои продукты и услуги.

Ежедневно приложением Instagram пользуется более 400 млн человек и 75% пользователей совершают те или иные действия под влиянием публикаций, согласно внутренней статистике. Более 600 млн человек пользуется Instagram каждый месяц [2].

Для запуска рекламного объявления в Instagram необходимо в личном кабинете перевести профиль на профиль компании, т.е. сделать его коммерческим.

По аналогии с ВКонтакте необходимо создать макет объявления, определить целевую аудиторию, бюджет и продолжительность показа.

Оплата рекламы производится с помощью банковской карты по безналичному расчету.

Преимущества рекламы в Instagram по сравнению с ВКонтакте:

- статистика. В Instagram для каждого коммерческого аккаунта существует своя статистическая картина, выраженная в виде графиков и диаграмм с количеством просмотров объявлений (причем статистика также рассчитывает увеличение числа просмотров объявлений), сохранений этих объявлений в закладки и пометки как особо интересные;
- подборка рекламы. Instagram предлагает своим пользователям самостоятельно выбирать тематику и формат рекламных объявлений, которые будут размещены в их ленте. Таким образом, реклама соответствует интересам пользователей и привлекает дополнительное внимание;
- возможность указать ссылку на компанию, либо на другой аккаунт в рекламном посте;
- публикации со сроком отображения 24 ч. Такие публикации в Instagram называются Stories. В качестве примера можно рассмотреть опыт компании Airbnb – лидера мирового рынка аренды жилья, использующего Instagram Stories, чтобы повысить узнаваемость своего важнейшего нового продукта – Trips on Airbnb. В серии 15 секундных видео Airbnb рассказывает о том, как помогает туристам находить местных жителей, разделяющих их интересы, по всему миру. Широко настроенный таргетинг (мужчины и женщины в возрасте 25–44 лет в США) позволяет Airbnb повысить узнаваемость своего нового продукта с помощью историй в Instagram с включенным звуком. В будущих кампаниях Airbnb планирует использовать таргетинг по интересам, чтобы сделать свои материалы еще более актуальными для пользователей.



Люди стали гораздо больше взаимодействовать с видео в Instagram, глобальное сообщество сегодня охватывает более 600 млн человек по всему миру. Около 8 млн компаний завели себе бизнес-профили в Instagram; особенно популярной данная возможность оказалась в США, Бразилии, Индонезии, России и Великобритании. Количество активных рекламодателей в месяц превысило 1 млн (для сравнения, год назад их было всего 200 тысяч). Кроме того, за март месяц более 120 млн инстаграмеров посетили рекламируемый сайт, узнали адрес точки, позвонили, написали по эл. почте или в Direct, чтобы узнать больше об интересующей компании [3].

Таким образом, можно сказать, что реклама в Интернете набирает все большие обороты, и необходимость социального медиа маркетинга для продвижения товаров и услуг становится очевидна.

### Литература

1. Таргетированная реклама ВКонтакте [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vk.com/ads/targeting>, своб.
2. Facebook Business [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.facebook.com/business>, своб.
3. 1 миллион рекламодателей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://business.instagram.com/blog/welcoming-1-million-advertisers/>, своб.

УДК 663.674/637.146

### ВЛИЯНИЕ СТАБИЛИЗАТОРОВ И ИХ КОМБИНАЦИЙ НА ВЯЗКОСТЬ ФЕРМЕНТИРОВАННОГО ЩЕРБЕТА

Курганова Е.В.<sup>1</sup>

Научный руководитель – д.т.н., профессор Арсеньева Т.П.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе исследована характеристика структурообразующих свойств в водном и молочнокислом растворе стабилизаторов: гуаровой камеди и камеди рожкового дерева, модифицированного картофельного крахмала, пищевого желатина, яблочного пектина, с целью подбора стабилизационной системы для ферментированного замороженного щербета.

**Ключевые слова:** йогурт, замороженный десерт, стабилизаторы, вязкость, пенообразующая способность.

В настоящее время мороженое пользуется высоким потребительским спросом практически во всех странах мира, что объясняется не только его высокими вкусовыми качествами, но и пищевой и биологической ценностью. Данная тенденция развития здорового питания определяется растущим интересом потребителей к вопросам питания, проблемам сердечно-сосудистых заболеваний, а также проблемам, связанным с избыточной массой тела [1].

К сожалению, большинство из представленных на рынке десертов не обладают функциональной направленностью, и для людей страдающих диабетом I и II типа отсутствует промышленное производство данных продуктов [2, 3].

Наряду с мороженым – любимым продуктом детей и взрослых, востребован щербет на молочной основе, поэтому разработка состава и технологии ферментированного щербета для здорового питания является перспективным.

**Целью работы** являлся подбор аналогов стабилизатора PGX ферментированного щербета для здорового питания.

Для достижения поставленной цели определены следующие задачи:

– изучить состав ранее используемого стабилизатора;

- определить растворимость, влагоудерживающую способность (ВУС) стабилизаторов;
- представить характеристику структурообразующих свойств стабилизаторов в водном растворе;
- провести сравнительную характеристику пенообразующей способности различных видов и концентраций стабилизаторов в воде и в молочно-белковой среде;
- определить влияние стабилизатора на готовый продукт.

На начальном этапе по анализу литературных данных разработана рецептура щербета.

В состав рецептуры входит: сухое обезжиренное молоко, пахта, сывороточный белковый концентрат, закваска, стабилизатор-эмульгатор, заменители сахара. Для повышения биологической ценности данного вида замороженного щербета проводится ферментация.

К достоинству данного вида щербета можно отнести отсутствие жира и повышенное содержание кальция и белка, а также использование натуральных наполнителей.

Основываясь на функциональной характеристике и экономической выгоде и доступности, в качестве ягодного наполнителя выбраны клубника, вишня и брусника, которые можно использовать в натуральном, так и в замороженном виде независимо от сезонности. Из фруктов выбраны банан и киви.

На основании органолептической оценки были выбраны образцы с соотношением вишни, клубники и брусники – 1:2:2 (рис. 1, а) и киви и банана – 1:2 (рис. 1, б).

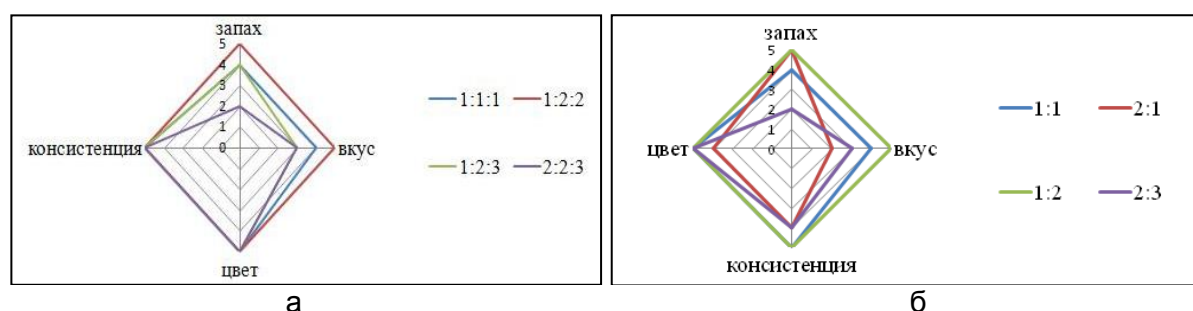


Рис. 1. Профилограмма органолептических показателей образцов с разным соотношением ягодных (а) и фруктовых (б) компонентов

Основываясь на показателях консистенции, была выбрана концентрация вносимого ягодного пюре 25%, а фруктового наполнителя – 30%.

Стабильность, прочность и образование кристаллов льда в замороженном десерте, в частности, зависит от наличия достаточного количества твердых молочных жиров. Так как разрабатываемый вид мороженого щербета является низкожирным, необходимо подобрать вид и концентрацию вносимого стабилизатора. В качестве стабилизатора на первом этапе был выбран использованный ранее PGX-1 в количестве 0,5% от смеси щербета. Были выявлены хорошие показатели смеси после фрезирования. PGX обеспечивает устойчивость продукта к таянию, хорошую взбитость и не дает крупчатости в консистенции [4, 5].

В связи со снятием данного стабилизатора с производства необходимо произвести корректировку рецептурного состава взбитого десерта и осуществить подбор аналогичного стабилизатора.

В работе использовали стабилизаторы: гуаровая камедь и камедь рожкового дерева, модифицированный картофельный крахмал, пищевой желатин, яблочный пектин.

Авторы задались целью рассмотреть показатели основных стабилизационных компонентов по отдельности: растворимость, ВУС (табл. 1).

Таблица 1. Основные показатели стабилизаторов в водном растворе

Наименование стабилизатора	Растворимость, %	ВУС, %
PGX-1	100 (поглощение)	95,2
Пектин	100 (поглощение)	55,2
Крахмал	90	14,3
Гуаровая камедь	100 (поглощение)	100,0
Камедь рожкового дерева	100 (поглощение)	93,5

Далее проводили исследования концентраций стабилизаторов. Готовили водные растворы стабилизаторов, анализируя литературные данные, концентрацию камеди гуаровой и рожкового дерева (КГ и КР) изменяли от 0,1 до 0,5% с интервалом 0,1%, модифицированный крахмал (МК), желатин (Ж), пектин (П) – от 0,2 до 1,1% с интервалом 0,3%. Исследуемые стабилизаторы вносили в воду комнатной температуры, перемешивали, нагревали до 65°C с выдержкой 5 мин, охлаждали до температуры 20°C, оставляли на 12 ч для завершения процесса структурообразования.

Для подготовки молочно-белковой среды рассчитанное количество стабилизатора вносили в воду при комнатной температуре, нагревали до 65°C, перемешивали до полного растворения, охлаждали до 40°C и вносили сухое обезжиренное молоко (СОМ), термостатировали в течение 30 мин при этой температуре, охлаждали до 20°C и оставляли на 12 ч для завершения процесса структурообразования.

Проводили исследования водных растворов, данные которого представлены на рис. 2.

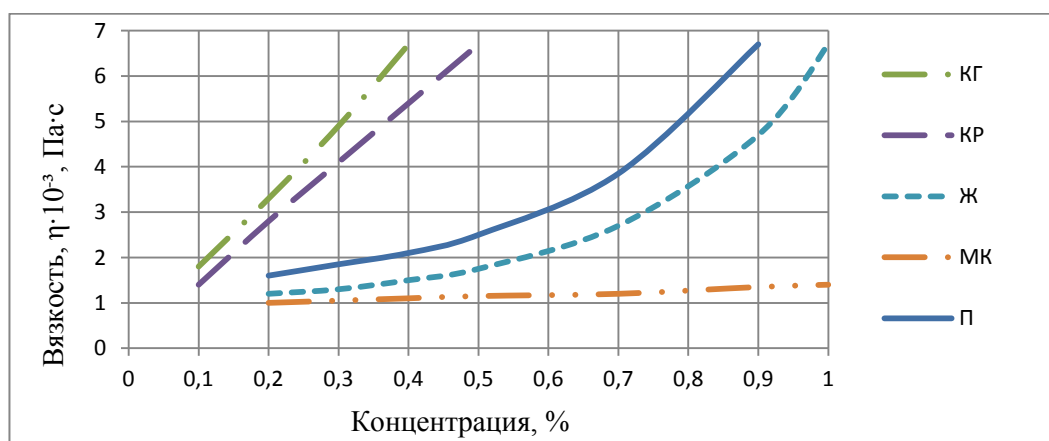


Рис. 2. Вязкость водных растворов стабилизаторов

В качестве основного критерия для оценки свойства исследуемых стабилизаторов была выбрана вязкость их растворов. Для оценки структурообразующей способности исследуемых стабилизаторов провели сравнение концентраций стабилизаторов, обеспечивающих вязкость  $6,7 \cdot 10^{-3}$  Па·с. Из рис. 2 видно, что данной вязкостью обладают растворы: 1% желатин, 0,9% пектин, 4% модифицированный крахмал, 0,4% гуаровая камедь и 0,5% камедь рожкового дерева.

Важное значение для технологического процесса имеет пенообразующая способность стабилизаторов, используемых в производстве взбитых десертов, в том числе замороженных. С целью оценки данного свойства были выбраны такие показатели, как кратность пены и ее устойчивость. Использовали водные растворы стабилизаторов тех же концентраций и их растворы в молочно-белковой среде.

Взбивание водных растворов стабилизаторов на всем интервале исследуемых концентраций показало, что стабилизаторы, кроме желатина, не обладают пенообразующей способностью. Можно сделать вывод, что у большинства стабилизаторов с увеличением вязкости их водных растворов не способствуют

увеличению пенообразования. Полученные при исследовании молочной смеси со стабилизатором данные представлены в табл. 2.

Таблица 2. Пенообразующая способность стабилизаторов в молоке

Стабилизаторы	Растворы без обработки	
	кратность пены	устойчивость пены, с
Гуаровая камедь 0,5%	2,4	230
Камедь рожкового дерева 0,4%	2,9	2460
Пектин 0,9%	3,1	200
Модифицированный крахмал 4%	2,7	660
Желатин 1%	3,7	1020

Смесь замороженного десерта готовили по рассчитанной рецептуре, осуществляли пастеризацию смеси при температуре 85°C с выдержкой 60 с, охлаждали до температуры заквашивания 40±2°C. При этом стабилизаторы вносили в молочную смесь до заквашивания.

Сквашенные образцы охлаждали до температуры 0–2°C и подвергали фризерованию. Оценивались органолептические показатели образцов и взбитость. Данные представлены в табл. 3.

Таблица 3. Органолептические и физико-химические показатели десерта с различными стабилизаторами

Наименование стабилизатора	Органолептическая оценка	Взбитость, %
Желатин 1%	Неоднородная, желеобразная	13
Гуаровая камедь 0,5%	Мажущаяся, слизистая	30
Камедь рожкового дерева 0,4%	Мажущаяся, слизистая	28
Крахмал модифицированный 4%	Взбитая, крупинчатая	17
Пектин 0,9%	Пластичная, однородная, кремообразная, при взбивании пористая	25

По органолептическим показателям: вкусу, цвету, запаху опытные образцы практически не отличались, независимо от используемого стабилизатора. По консистенции, как видно из данных, представленных в табл. 3, наивысшая взбитость была достигнута с использованием гуаровой камеди в количестве 0,5%, камеди рожкового дерева 0,4% и пектина в количестве 0,9%. На основании проведенных исследований сделан вывод о необходимости осуществления подбора комбинаций этих стабилизаторов и дозы внесения в смесь шербета. А также проведение исследования по показателям качества готового продукта со стабилизационными композициями.

### Литература

1. Арсеньева Т.П., Яковлева Ю.А. Разработка рецептуры мороженого с растительными компонентами // Изв. вузов. Пищевая технология. – 2012. – № 1. – С. 75–78.
2. Плакунов В.К. Основы энзимологии. – М.: Логос, 2001. – 129 с.
3. Evdokimova I.A., Volodinb D.N., Misyrac V.A., Zolotarevac M.S., Shramkoa M.I. Functional fermented milk desserts based on acid whey // Foods and Raw Materials. – 2015. – V. 3. – № 2. – P. 40–48.
4. Оленев Ю.А., Творогова А.А. Справочник по производству мороженого. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 798 с.
5. Icescream Apps [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.icescream.tj/technology/>, своб.

УДК 535.317

## СИНТЕЗ НАБЛЮДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Кутейникова К.А.<sup>1</sup>, Карпова Г.В.<sup>1</sup>Научный руководитель – к.т.н., доцент Карпова Г.В.<sup>1</sup><sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе рассмотрены вопросы построения оптических схем наблюдательных систем, проведены расчет и исследование наблюдательной системы поверхностей с особыми свойствами по методу профессора М.М. Русинова.

**Ключевые слова:** расчет оптических систем, линзовая система, наблюдательная система, поверхность с особыми свойствами, метод композиции оптических систем.

Метод синтеза оптических систем из поверхностей с особыми свойствами, разработанный профессором М.М. Русиновым, основан на использовании поверхностей, у которых частично или полностью устранены некоторые аберрации, например, астигматизм, кома или сферическая аберрация. При этом система, построенная из таких поверхностей, также будет свободна от этих аберраций [1].

Используя комбинацию из поверхностей с заранее известными свойствами, можно получить систему, удовлетворяющую требованиям по техническому заданию, с минимальным количеством элементов без использования геометрического виньетирования для широких наклонных пучков. Это особенно эффективно для разработки оптических систем с большими угловыми полями в пространстве предметов.

Существуют такие сферические поверхности с известными свойствами, которые одновременно свободны от двух видов аберраций, чаще всего комы и астигматизма [2]:  
– апланатическая поверхность: отсутствуют сферическая аберрация, кома и астигматизм. Радиус поверхности, показатель преломления и расстояние от точки фокуса связаны соотношениями:

$$s = \frac{n+n'}{n} r, \quad s' = \frac{n+n'}{n'} r, \quad (1)$$

где  $s$  – расстояние от вершины поверхности до осевой точки объекта;  $s'$  – расстояние от вершины поверхности до осевой точки изображения;  $n$  и  $n'$  – показатели преломления сред, расположенных до и после поверхности соответственно;  $r$  – радиус поверхности.

Линейное увеличение такой поверхности определяется по формуле:  $V = \left(\frac{n}{n'}\right)^2$ ;

– конфокальная поверхность. Центр сферической поверхности расположен в плоскости предмета.

Линейное увеличение равно:  $V = \frac{n}{n'}$ . У конфокальной поверхности отсутствуют сферическая аберрация и меридиональная кома при телецентрическом ходе главного луча, а сагиттальная составляющая астигматизма  $Z'_s$  при любом положении входного зрачка равна нулю [3]. Отрезки вдоль главного луча  $t'$  и  $s'$  связаны следующим соотношением:

$$\frac{t'}{s'} = \frac{1 + \frac{\operatorname{tg} \varepsilon \operatorname{tg} \varepsilon'}{W_t}}{1 + \operatorname{tg}^2 \varepsilon'}, \quad (2)$$

где  $\varepsilon$  и  $\varepsilon'$  – углы падения и преломления на поверхности;  $W_t = 1 + \operatorname{tg} \omega (\operatorname{tg} \varepsilon - \operatorname{tg} \varepsilon')$  – угловое увеличение в меридиональной плоскости.

Если положительная конфокальная поверхность разделяет воздух и стекло, то выражение (2) всегда больше единицы, что приводит к положительному астигматизму;

– близфокальная поверхность. Плоскость предмета проходит через вершину поверхности, осевая точка предмета и ее изображение находятся там же.

Линейное увеличение поверхности:  $V=1^{\times}$ . У близфокальной поверхности отсутствует сферическая аберрация и кома в области, близкой к оптической оси. Для внеосевой точки астигматизм имеет значения, отличные от нуля;

– поверхность, концентрична зрачку. Центр предмета совпадает с центром зрачка, при этом главные лучи, выходящие из центра зрачка, совпадают с нормальными к поверхности.

У поверхности, концентричной зрачку, отсутствуют кома и астигматизм. Такая поверхность добавляется к уже образованной части системы, при известном положении выходного зрачка.

Сочетание из подобных поверхностей позволяет получать линзы, которые не вносят вышеперечисленных аберраций.

Рассмотрим пример расчета наблюдательной системы со следующими техническими требованиями:

- видимое увеличение:  $\Gamma=0,2^{\times}$ ;
- угловое поле в пространстве предметов:  $2\omega=66^{\circ}$ ;
- вынос входного зрачка:  $S_p = -2,5$  мм;
- длина оптической системы: не менее 160 мм;
- диаметр: не более 10 мм.

Данную оптическую систему будем рассматривать как телескопическую систему с линзовой оборачивающей системой  $V=-1^{\times}$ . Был проведен габаритный расчет телескопической системы: определены фокусные расстояния объектива, оборачивающей системы (системы передачи изображения) и окуляра.

Решение задачи расчета оптической системы с вынесенным входным зрачком из поверхностей с известными свойствами позволяет связать параметры конструктивных элементов системы с ее реальными аберрациями – астигматизмом и комой для конечных полевых углов в пространстве предметов. Компоновка системы производится для углового поля  $2\omega=66^{\circ}$ .

Принимая во внимание, что силовая линза объектива должна работать с вынесенным входным зрачком, располагаем в общем случае четырьмя видами поверхностей: а – апланатической, к – концентричной, о – плоской, кф – конфокальной. Апланатическая поверхность, для положения предмета в бесконечности, вырождается в плоскую поверхность. Плоская поверхность также свободна от астигматизма и комы в параллельном ходе лучей [1, 2].

Из возможных сочетаний между такими поверхностями всего лишь три Б(ок), Б(ак) и Б(ао) представляют практический интерес, а из них только плоско-выпуклая линза Б(ок) является силовой линзой с вынесенным вперед входным зрачком [4]. Использование передней плоской поверхности силового элемента Б(ок) является выгодным для развития углового поля в пространстве предметов.

Таким образом, синтезированная базовая линза Б(ок) будет свободна от астигматизма и комы. Оптическая сила создается за счет работы одной сферической преломляющей поверхности, что влечет за собой уменьшение ее радиуса. Фокусное расстояние объектива должно быть таким, чтобы обеспечить требуемое угловое поле при заданном размере изображения. Объектив оптической системы имеет малую величину фокусного расстояния и, соответственно, малую величину изображения.

Целесообразно разложить требуемую оптическую силу на две силовые линзы. Синтез базового компонента сведется к суммированию силовых линз Б(ок,ок). С целью устранения астигматизма и коррекции кривизны изображения вторую линзу дублируем с аналогичными характеристиками первой линзы.

Так как коллектив расположен на малом расстоянии от объектива и представляет собой двояковыпуклую линзу с радиусами кривизны и толщиной, равными между собой, то он также может включаться в расчетную схему объектива. Вершина первой поверхности коллектива находится в задней фокальной поверхности объектива, центр второй поверхности коллектива находится там же. Линейное увеличение такой линзы равно показателю преломления стекла, из которого она изготовлена, так как линейное увеличение первой близфокальной поверхности равно  $V = 1^{\times}$ , а линейное увеличение второй конфокальной поверхности:  $V = \frac{n}{n'}$ . Величина изображения после коллектива достигает необходимого размера. Данную линзу можно зашифровать в виде Б(бф,кф). Такая линза не вносит сферическую aberrацию, кому и дисторсию.

Линза оборачивающей системы служит для переноса изображения от объектива в переднюю фокальную плоскость окуляра. Линейное увеличение линзы оборачивающей системы равно  $-1^{\times}$ .

Для сокращения количества оптических элементов в оптической системе наблюдательного прибора линзу оборачивающей системы выполняем в виде стержневидной линзы, радиусы которой концентричны выходному зрачку предшествующей части оптической системы. В линзу оборачивающей системы были введены хроматические радиусы, которые разделили ее на три линзы: крайние двояковыпуклые положительные линзы изготовлены из стекла СТК19 и средняя, отрицательная, из стекла ТБФ25. В линзе оборачивающей системы главный луч идет без преломления. Варьируя осевыми расстояниями линзы, можно добиться исправления кривизны изображения. Линза оборачивающей системы зашифровывается по методу М.М. Русинова [1] следующим образом: К(к,к).

Для получения требуемой длины наблюдательной системы после оборачивающей системы установлен стержневидный коллектив типа К(кф,кф) «линзы-шара», толщина по оси которой равна удвоенному радиусу. Главные точки такой линзы совпадают с общим центром поверхностей. В этой же плоскости находятся предмет после предшествующей части оптической системы и изображение после коллектива. Такую линзу можно зашифровать в виде поверхностей К(кф,кф), линейное увеличение равно  $V = 1^{\times}$ . В такой линзе отсутствуют сферическая aberrация, кома, дисторсия и сагиттальная составляющая астигматизма.

Окуляр представляет собой плоско-выпуклую линзу, радиус которой концентричен выходному зрачку предшествующей части системы. Окуляр имеет простую конструкцию, так как его угловое поле в пространстве предметов имеет незначительную величину ( $2\omega = 3^{\circ}$ ). При расчете окуляра необходимо уделить основное внимание коррекции полевых aberrаций. Расстояние между «линзой-шаром» и окуляром рассчитывается из условия получения телескопической системы: переднюю фокальную плоскость окуляра необходимо совместить с задней фокальной плоскостью предшествующей части системы. Окуляр можно зашифровать в виде поверхностей К(к,о).

Осевые расстояния между компонентами оптической системы рассчитываются из условия согласования положения фокальных и главных поверхностей всех компонентов.

В результате проведенного расчета была получена оптическая система, схема которой представлена на рис. 1, и графики остаточных aberrаций на рис. 2.

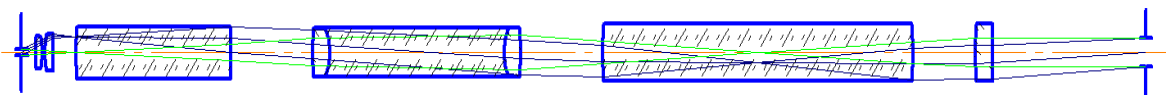


Рис. 1. Оптическая схема наблюдательной системы

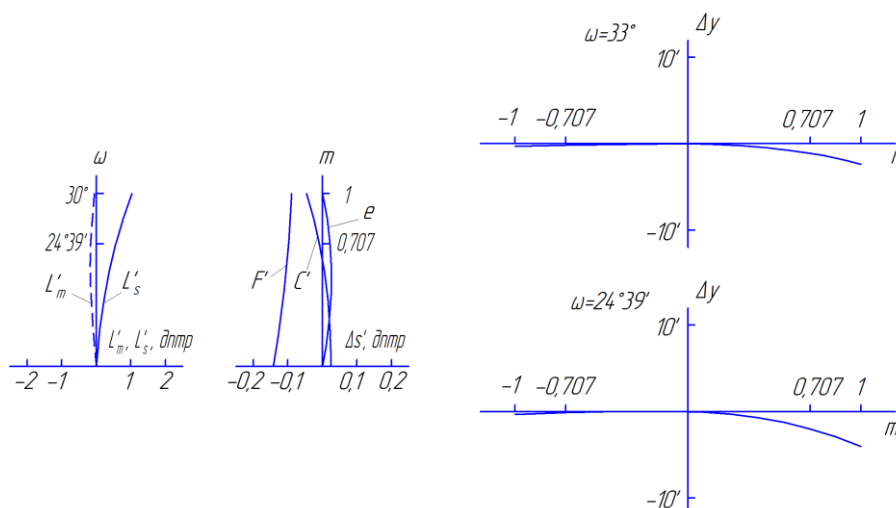


Рис. 2. Графики aberrаций наблюдательной системы

Проведен расчет коэффициента светопропускания оптической системы, который зависит от количества поверхностей, граничащих с воздухом. Коэффициент светопропускания равен 0,5 без учета покрытий оптических поверхностей, что соответствует требованию технического задания.

Разработана оптическая система, удовлетворяющая требованиям технического задания. Получено высокое качество изображения в пределах всего углового поля без использования геометрического виньетирования широких наклонных пучков. Выполненный расчет синтезированной оптической системы подтвердил правильность выбранных исходных позиций и эффективность метода профессора М.М. Русинова.

### Литература

1. Русинов М.М. Композиция оптических систем. – Л.: Машиностроение, 1989. – 383 с.
2. Грамматин А.П. Методы синтеза оптических систем. Учебное пособие. – СПб.: СПбГИТМО (ТУ), 2002. – 65 с.
3. Безруков В.А., Карпова Г.В. Конфокальная поверхность и ее свойства // Оптический журнал. – 2015. – № 5. – С. 34–36.
4. Русинов М.М. Техническая оптика. – Л.: Машиностроение, 1979. – 488 с.

УДК 681.51

### ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ

Ле Ван Туан<sup>1</sup>

Научный руководитель – д.т.н., профессор А.А. Бобцов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

Обсуждена задача идентификации параметров солнечной батареи, и представлен метод DREM для решения этой задачи. Рассмотрена система зарядки аккумулятора солнечной панелью с повышающим преобразователем. Проведено моделирование фотоэлектрической системы и ее анализ. Представленный метод можно использовать в области управления фотоэлектрическими системами.

**Ключевые слова:** солнечный элемент, солнечная энергия, фотоэлектрическая панель, DREM, повышающий преобразователь.

В настоящее время количество ископаемого топлива уменьшается, поэтому исследование и развитие альтернативной энергии является актуальной проблемой. Солнечная энергия – один из надежных и многообещающих источников альтернативной энергии. Она обладает рядом преимуществ, таких как отсутствие



загрязнения окружающей среды, бесшумная работа, низкий эксплуатационный расход, длительный срок использования, нулевая затрата за входную энергию. Фотоэлектрическая технология развивается по двум направлениям: разработка фотоэлектрических материалов и управление мощностью (с использованием DC/DC и (или) DC/AC преобразователей) для увеличения эффективности конверсии [1]. Несмотря на то, что технологии изготовления фотоэлектрических материалов развиваются большими темпами, фотоэлектрические системы остаются дорогостоящими решениями с относительно низкой эффективностью конверсии энергии. Следовательно, развитие систем управления мощностью играет важную роль в увеличении эффективности конверсии энергии и уменьшении стоимости. Возможность точной идентификации параметров солнечной батареи дает повышение эффективности работы системы управления. **Целью работы** являлась идентификация параметров солнечной батареи новым методом DREM (динамического расширения регрессора), который представлен в [2].

Фотоэлектрическая панель (ФП) состоит из  $N_s \times N_p$  ФЭ (последовательных и параллельных фотоэлектрических элементов (ФЭ), характеристики которых можно посмотреть в [3]) и имеет следующую формулу I-V характеристики [4]

$$I_{PV} = N_p I_{ph} - N_p I_0 \left( \exp \left( q \frac{V_{PV} + I_{PV} \frac{N_s}{N_p} R_s}{N_s A k T} \right) - 1 \right) - \frac{V_{PV} + I_{PV} \frac{N_s}{N_p} R_s}{\frac{N_s}{N_p} R_p}, \quad (1)$$

где  $I_{ph}$  – фотоэлектрический ток;  $I_0$  – ток насыщения;  $R_s$  – последовательное сопротивление;  $R_p$  – параллельное (шунтирующее) сопротивление;  $A$  – коэффициент идеальности;  $q=1,602 \times 10^{-19}$  Кл – модуль заряда электрона;  $k=1,3806503 \times 10^{-23}$  Дж/К – постоянная Больцмана и  $T$  – температура солнечного элемента.

На P-V кривой ФП существует одна точка максимальной мощности (MPP), где мощность фотоэлектрической панели максимальная, как показано на рис. 1. Задачей является определение значения напряжения, соответствующего точке максимальной мощности. Возможность идентификации параметров фотоэлектрической панели дает возможность определение этого значения напряжения  $V_{MPP}$ .

Идентификация характеристических параметров I-V кривой (1) сложна, так как пять неизвестных параметров ( $I_{ph}$ ,  $I_0$ ,  $R_s$ ,  $R_p$ ,  $A$ ) делают функцию (1) нелинейной.

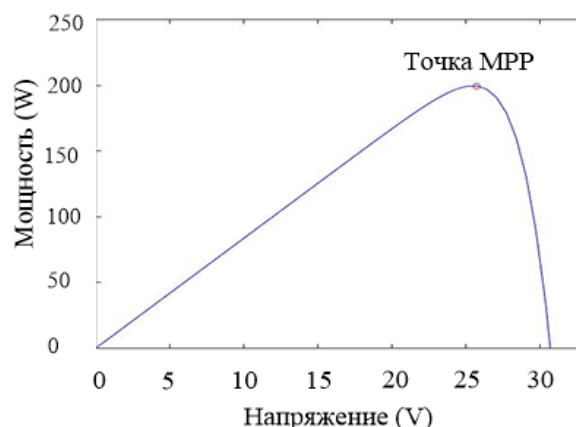


Рис. 1. Кривая P-V линия ФП

Рассмотрим простейший пример зарядки аккумулятора солнечной панелью с повышающим преобразователем (boost converter), который показан на рис. 2 [4].

Пространство состояний модели системы можно определить по следующим уравнениям [4]

$$\begin{aligned}
 C\dot{v}_C &= uI - \frac{1}{R_b}(v_C - v_b), \\
 L\dot{I} &= -uv_C + V, \\
 I &= a_1 - a_2(e^{a_3(V+a_4I)} - 1) - a_5(V + a_4I),
 \end{aligned} \tag{2}$$

где  $(v_C, I, V, u)$  – положительные измеренные сигналы;  $u=1-d$ , где  $d$  – скважность, определяемая разработчиком;  $L, C, R_b, v_b > 0$  – известные константы;  $a := col(a_1, \dots, a_5)$  – положительные неизвестные параметры

$$\text{и } \begin{bmatrix} I_{ph} \\ I_0 \\ A \\ R_S \\ R_p \end{bmatrix} = \frac{1}{N_s k T} \begin{bmatrix} \frac{1}{N_p} a_1 \\ \frac{1}{N_p} a_2 \\ \frac{q}{a_3} \\ \frac{N_p}{N_s} a_4 \\ \frac{N_p}{N_s} \frac{1}{a_5} \end{bmatrix}.$$

**Постановка задачи.** Рассмотрим систему (2) со значением  $u$ , которое выбирается разработчиком, таким образом, чтобы все сигналы были ограничены. Измеряя  $(v_C, I, V, u)$ , генерируется оценка  $\hat{a}$  всех параметров  $a$ . Эти оценки должны удовлетворять условию

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \|a - \hat{a}(t)\| = 0,$$

где  $\|\cdot\|$  – евклидова норма.

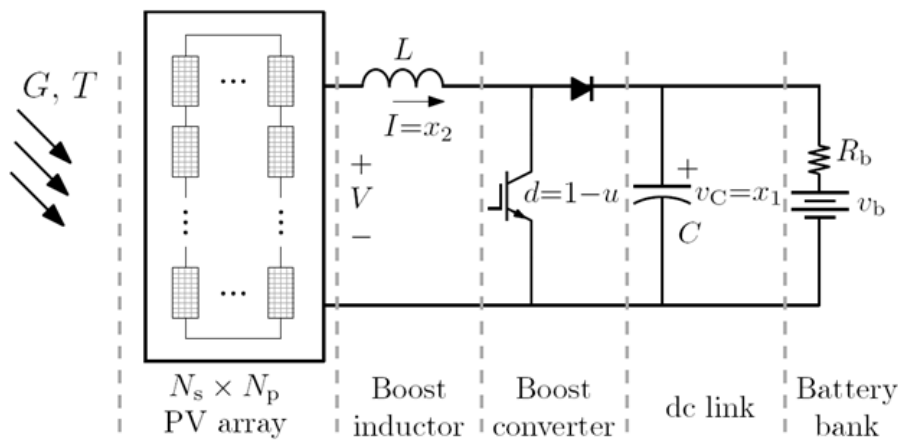


Рис. 2. Схема зарядки аккумулятора солнечной панелью с повышающим преобразователем

Систему (2) можно переопределить как модель линейного регрессора

$$y = \Omega^T \theta + \varepsilon_t, \tag{3}$$

где  $\Omega$  и  $y$  – измеряемые сигналы;  $\theta := col(\theta_1, \dots, \theta_5)$  – вектор неизвестных положительных параметров;  $\varepsilon_t$  – экспоненциально затухающий элемент.

$$\theta_1 := \frac{a_3}{1+a_3a_4b_1}, \theta_2 := \frac{a_3b_1+b_3}{1+a_3a_4b_1}, \theta_3 := \frac{a_3b_3}{1+a_3a_4b_1}, \theta_4 := \frac{a_3a_4}{1+a_3a_4b_1}, \theta_5 := \frac{a_3a_4b_3}{1+a_3a_4b_1}$$

$$b_1 := \frac{a_1+a_2}{1+a_5a_4}, b_2 := \frac{a_2}{1+a_5a_4}, b_3 := \frac{a_5}{1+a_5a_4},$$

$$\Omega := \text{col}(\Omega_1, \dot{\xi}_2, \dot{\xi}_3, \dot{\xi}_4, \xi_5),$$

$$\Omega_1 := I\dot{\xi}_2 - \left[ \frac{1}{p+\lambda} \right] (I\dot{\xi}_2),$$

$$\xi_1 = \left[ \frac{\lambda}{p+\lambda} \right] I, \xi_2 = \left[ \frac{-\lambda}{p+\lambda} \right] V, \xi_3 = \frac{1}{2} \left[ \frac{\lambda}{p+\lambda} \right] V^2, \xi_4 = \frac{1}{2} \left[ \frac{\lambda}{p+\lambda} \right] I^2, \xi_5 = \left[ \frac{-\lambda}{p+\lambda} \right] (VI).$$

Применяя метод DREM [2], получается следующая форма

$$y_{f_j}(t) := \beta y(t-d_j), \Omega_{f_j}(t) := \beta \Omega(t-d_j),$$

где  $d_j \in \mathbb{R}_+, j=1, \dots, 4$  и  $\beta \in \mathbb{R}_+$

или

$$y_{f_j} = \Omega_{f_j}^T \theta. \quad (4)$$

Объединив регрессор (3) с полученными равенствами вида (4), можно записать расширенную систему вида

$$Y_e = M_e \theta, \quad (5)$$

где  $Y_e \in \mathbb{R}^5$ ,  $M_e \in \mathbb{R}^{5 \times 5}$  определены как

$$Y_e = \begin{bmatrix} y \\ y_{f_1} \\ y_{f_2} \\ y_{f_3} \\ y_{f_4} \end{bmatrix}, M_e = \begin{bmatrix} \Omega^T \\ \Omega_{f_1}^T \\ \Omega_{f_2}^T \\ \Omega_{f_3}^T \\ \Omega_{f_4}^T \end{bmatrix}.$$

Умножая (5) на присоединенную матрицу алгебраического дополнения  $M_e$ , получаем

$$Y_i = \Delta \theta_i, \quad i=1 \dots 5,$$

где  $\Delta = \det\{M_e\}$  – определитель матрицы  $M_e$ ,  $Y = \text{adj}\{M_e\}Y_e$ ,  $Y = \text{col}(Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5) \in \mathbb{R}^5$ .

Оценка параметров  $\theta$  может быть получена по форме

$$\dot{\hat{\theta}}_i = -\gamma_i \Delta (\Delta \hat{\theta}_i - Y_i),$$

где  $\gamma_i$  – положительные коэффициенты адаптации. Тогда, последнее выражение для ошибки оценивания параметра  $\tilde{\theta}_i = \hat{\theta}_i - \theta_i$  может быть переписано как

$$\dot{\tilde{\theta}}_i = -\gamma_i \Delta^2 \tilde{\theta}_i.$$

Откуда следует  $\lim_{t \rightarrow \infty} \tilde{\theta}_i(t) = 0 \Leftrightarrow \Delta(t) \notin L_2$ .

Параметры  $a$  можно определить таким сюръективным отображением  $G: \mathbb{R}^6 \rightarrow \mathbb{R}^5$ :

$$a = G(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, V, I),$$

$$\text{где } a_1 = - \left[ \theta_1^2 I + \theta_1 \theta_3 V + \frac{\theta_1^2 (\theta_1 \theta_2 - \theta_3)}{\theta_3 \theta_4 - \theta_1^2} \right] \frac{e^{\frac{\theta_3 \theta_4 - \theta_1^2}{\theta_1 - \theta_2 \theta_4} (V + \frac{\theta_4}{\theta_1} I)}}{\theta_3 \theta_4 - \theta_1^2} + \frac{\theta_1^2 (\theta_1 \theta_2 - \theta_3)}{(\theta_3 \theta_4 - \theta_1^2)^2},$$

$$a_2 = \left[ \theta_1^2 I + \theta_1 \theta_3 V + \frac{\theta_1^2 (\theta_1 \theta_2 - \theta_3)}{\theta_3 \theta_4 - \theta_1^2} \right] \frac{e^{\frac{\theta_3 \theta_4 - \theta_1^2}{\theta_1 - \theta_2 \theta_4} (V + \theta_4 I)}}{\theta_3 \theta_4 - \theta_1^2},$$

$$a_3 = \frac{\theta_3 \theta_4 - \theta_1^2}{\theta_2 \theta_4 - \theta_1}, \quad a_4 = \frac{\theta_4}{\theta_1}, \quad a_5 = \frac{\theta_1 \theta_3}{\theta_1^2 - \theta_3 \theta_4}.$$

Подобнее о том, как определить параметры  $a$ , можно посмотреть в [4].

**Результаты моделирования.** Для проверки качества работы метода DREM проведен эксперимент на солнечной панели, которая состоит из солнечных элементов M156B3-164 [3] с такими параметрами:  $I_{ph,ref}=8,3800$ ,  $I_{0,ref}=8,6187 \times 10^{-8}$ ,  $R_{s,ref}=1,6197 \times 10^{-3}$ ,  $R_{p,ref}=242,8156$ ,  $A_{ref}=1,3$ ,  $N_s=1500$ ,  $N_p=50$ ,  $\alpha_l=0,0005$ ,  $Eg=1,12$ .

Отношение между этими параметрами и эталонной температурой, эталонной облученностью определяется следующими выражениями [5]

$$I_{ph} = \frac{G}{G_{ref}} \left[ I_{ph,ref} + \alpha_l (T - T_{ref}) \right],$$

$$I_0 = I_{0,ref} \left( \frac{T}{T_{ref}} \right)^3 \exp \left[ \frac{qE_g}{Ak} \left( \frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T} \right) \right],$$

где эталонная температура  $T_{ref}=25^\circ\text{C}$ , эталонная облученность  $G_{ref}=1000$  Вт/м<sup>2</sup>.

Контрольный сигнал определяется таким образом

$$u(t) = 0,8 + 0,1 \sin(3t) + 0,1 \sin(4t).$$

Сигнал  $u(t)$  можно считать «достаточно богатым» для удовлетворения условия возбуждения  $\Delta(t) \notin L_2$ .

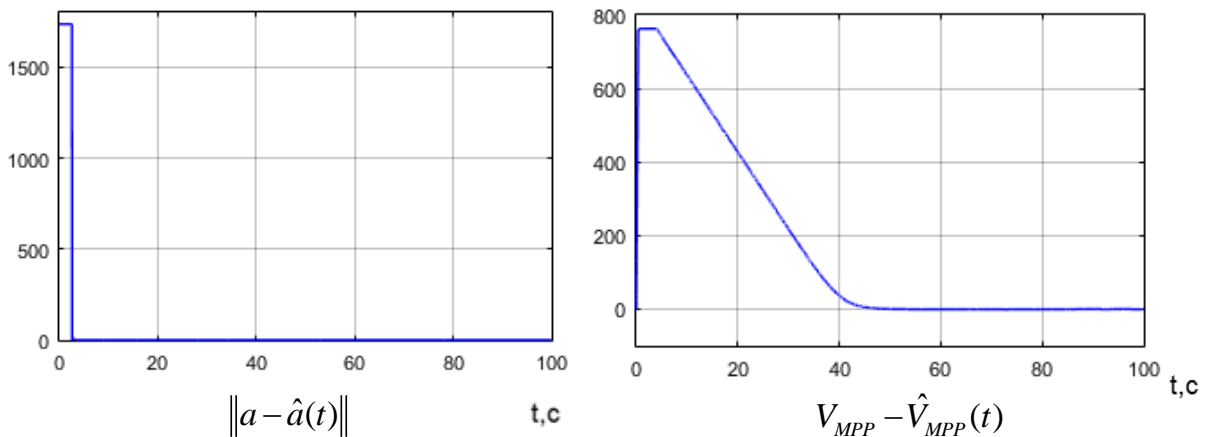


Рис. 3. Погрешность оценки параметров фотоэлектрической панели

Результаты моделирования показаны на рис. 3. Очевидно, что за некоторое время можно отслеживать значение параметров  $a$  фотоэлектрической панели, из этих параметров также можно отслеживать выходное напряжение  $V$  в точке MPP.

В данной работе была представлена задача идентификации параметров солнечной батареи и применение метода DREM для решения этой задачи. Полученные результаты показывают, что с помощью метода DREM можно определить параметры фотоэлектрической панели с высокой точностью. Следовательно, этот способ имеет большую значимость в области управления солнечными батареями с целью повышения коэффициента преобразования энергии.

### Литература

1. Bhatnagar P., Nema R.K. Maximum power point tracking control techniques: State-of-the-art in photovoltaic applications // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2013. – V. 23. – P. 224–241.
2. Aranovskiy S., Bobtsov A., Ortega R., Pyrkin A. Performance enhancement of parameter estimators via dynamic regressor extension and mixing // *IEEE Transactions on Automatic Control*. – 2016. – V. PP. – № 99. – P. 1–1.
3. Ле Ван Туан. Определение параметров солнечного элемента итеративным методом // Сб. трудов V Всероссийского конгресса молодых ученых. – 2016. – Т. 1. – С. 292–296.
4. Pyrkin A., Mancilla F., Ortega R., Bobtsov A., Aranovskiy S. Identification of the Current–Voltage Characteristic of Photovoltaic Arrays // *12th IFAC Workshop on Adaptation and Learning in Control and Signal Processing ALCOSP*. – 2016. – V. 49. – № 13. – P. 223–228.
5. Tian H., Mancilla-David F., Ellis K., Muljadi E., Jenkins P. A cell-to-module-to-array detailed model for photovoltaic panels // *Solar Energy*. – 2012. – V. 86. – № 9. – P. 2695–2706.

УДК 808

### ОБРАЗ ВОЛКА В РУССКОЙ И КИТАЙСКОЙ КУЛЬТУРЕ

Линь Г.<sup>1</sup>

Научный руководитель – преподаватель Игнатъева И.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет

Работа посвящена описанию сходств и различий в образе волка русской и китайской культуры. Для этого автор поставил перед собой несколько задач: во-первых, анализ фольклорных текстов двух стран. Во-вторых, сравнение положительных и отрицательных коннотаций образа данного животного в обеих культурах. Через исследование обнаружили, что отрицательные коннотации в рассматриваемых культурах схожи. Однако именно в положительных характеристиках волка автор насчитал больше всего различий.

**Ключевые слова:** образ, волк, культура, коннотация, тотем.

Образ волка занимает особое место в русской и китайской культуре. В фольклоре обеих культур волк занимает особое место; в китайских детских баснях и сказках он является одним из главных персонажей. Рассматриваемый авторами образ в обоих языках амбивалентен, и имеет как положительные, так и отрицательные коннотации. Из этого, однако, не следует, что представление о волке в русской и китайской культуре идентично. При всех упомянутых сходствах, образ данного животного, безусловно, имеет ряд особенностей, присущих только конкретной культуре.

Распространенность, популярность образа волка в русской культуре обусловлена его тотемическим происхождением. Животные, которые неотделимы от жизни древнего человека, становятся частью мифологической картины мира: наделяются определенными чертами, близкими и понятными человеку, становятся носителями константных ценностей и поведенческих моделей [1]. С одной стороны, волк, представляющий угрозу для человека и домашних животных, воплощал в себе представления о темных силах и мире мертвых. По этой причине в русских пословицах и поговорках волк имеет отрицательную характеристику: волк – хищник противопоставлен человеку и домашним животным. С другой стороны, волк вызывал уважение в связи с образом жизни, повадками, поэтому наделялся сакральными чертами существа, обладающего высшим знанием, поэтому в русских стихах, потешках, загадках волк имеет медиаторную функцию между миром живых и миром мертвых. В одной популярной народной

колыбельной песне (Баю-баюшки-баю. Не ложися на краю. Придет серенький волчок. И ухватит за бочок. Он потащит во лесок. Под ракитовый кусток) волк как посвященное животное играет роль посредника между этими двумя мирами. «Волк структурирует мир, состоящий из двух половинок... связан с мотивами плодородия и изобилия...выполняет функцию приобщения к иному миру, сопровождает ребенка в другой мир; задействован в родильной обрядности...» [2]. Даже в «Сказке об Иване-царевиче, Жар-птице и сером волке» волк также обладает репрезентативным образом – помощником героя, который вызывает сочувствие у людей.

В китайской культуре люди обычно негативно относятся к волку, так как в древности это животное представляло собой угрозу домашнему скоту и человеку. В понятии многих китайцев волк – это символ жестокости, злости и хитрости. Как следствие, появилось много китайских отрицательных устойчивых выражений о волках, например, 狼心狗肺 (волчья душа), 狼子野心 (волчья натура), 狼狽为奸 (сообща делать свое черное дело), 声名狼藉 (беспорядочность чести) и т.д. В связи с этим в китайских баснях и сказках волк также играет отрицательную роль. Например, в конце китайской басни «Волк пришел» волк съел много овец из-за лжи мальчика. Как будто во всех китайских литературных произведениях авторы ругают волков, относятся к волкам с пренебрежением. Однако в древности на севере Китая у кочевых народов имеет культ тотема волка. Волки способны в стае работать сообща. Для этих народов волк являлся страшным животным, так что от страха родился культ, и эти народы учились достоинству у волка, поэтому в китайской культуре образ волка иногда имеет и положительные коннотации. В известном китайском романе «Тотем волка» описываются репрезентативные ценные характеристики волка. Во-первых, он умен. В охоте он способен ждать сколько угодно, лишь бы не упустить свой шанс. Во-вторых, он силен и смел. Благодаря этому качеству он может жить в степи в суровых условиях. В-третьих, он способен работать сообща. Волки обычно живут в стае и выходят на охоту группой [3].

Таким образом, проанализировав корпус текстов разных жанров русской и китайской литературы, был сделан следующий вывод: в данных двух культурах символ волка издревле является тотемом, и выступал в роли «вечного животного». Отрицательные коннотации в рассматриваемых культурах довольно схожи. Однако именно в положительных характеристиках волка авторы насчитали больше всего различий. Например, в русской культуре данное животное рассматривается и как посредник между миром живых и миром мертвых, и как помощник главного героя. А в китайской культуре особенно подчеркивается ум волка, его сила и способность в стае работать сообща (таблица).

Таблица. Различие характеристик волка в русской и китайской культурах

	Русская культура	Китайская культура
Отрицательные коннотации	Жестокость, злость и хитрость	
Положительные коннотации	Медиатор между миром живых и миром мертвых	Ум
		Сила и смелость
	Помощник героя	Способность работать сообща

### Литература

1. Афанасьев А.Н. Поэтические воззрения славян на природу. – М.: Академический проект, 2013. – 462 с.
2. Горбунова К.А. Сюжет о сером волке в русских колыбельных песнях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.liveinternet.ru/users/bahera/post320604524/>, своб.

3. Чжан Юеъе (张跃野). 《狼图腾》中的“狼”形象文化解读 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.doc88.com/p-6983213235363.html>, своб.

УДК 004.021

**ОБЗОР БИБЛИОТЕК ДЛЯ УСКОРЕНИЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММ  
ДЛЯ МНОГОПОТОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ НА ЯЗЫКЕ C++**

Лисицкий Е.И.<sup>1</sup>

Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. Шуранов Е.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО;

<sup>2</sup>ООО «Центр речевых технологий», Санкт-Петербург

В работе приведен анализ библиотек и средств многопоточной разработки приложений. Выделены данные средства по двум подходам разработки многопоточных приложений – свободный и блочный. Во время анализа стало известно, что большая часть библиотек строится на POSIX Threads, за исключением CUDA и OpenCL. Было определено, какие средства многопоточного программирования предоставляют данные библиотеки.

**Ключевые слова** многопоточность, C++, pthread, CUDA, OpenCL, OpenMP.

**Введение.** Во время разработки и проектирования программного обеспечения (ПО), в котором требуется обеспечить работу нескольких потоков, может встать вопрос какими средствами нужно обеспечить их работу, взаимодействие и управление временем их жизни. Зачастую в больших программных проектах использование стандартных системных средств параллелизма может замедлить разработку и увеличить количество порождаемых ошибок в процессе разработки и делает код платформозависимым. Чтобы этого избежать, можно использовать сторонние средства параллелизма, которые в большинстве своем построены на системных средствах параллелизма, но за счет наличия реализации под основные платформы и сохранением единого интерфейса взаимодействия это может решить проблему платформозависимого кода.

Сжатые сроки разработки и отсутствие централизованно собранной информации по существующим библиотекам могут не дать выбрать наиболее подходящий вариант под задачи проекта. **Целью работы** являлся анализ основных средств параллелизма для языка C++, чтобы в будущем можно было выбрать наиболее подходящий под задачи вариант.

Рассматриваемые технологии:

- Pthread [1];
- std threads [2];
- TinyThread++ [3];
- Qt threads [4];
- Zthreads [5];
- Boost [6];
- Threading Building Blocks [7];
- OpenMP [8].

**Подходы параллелизма.** Рассматривая описанные выше технологии параллелизма, удалось выделить два подхода к реализации работы нескольких потоков в приложении:

1. свободный;
2. блочный.

Свободная организация потоков позволяет очень гибко управлять работой нескольких потоков, но накладывает серьезные накладные расходы, связанные с

продумыванием и управлением времени жизни потоков, их синхронизации и методов общения. Такой метод годится, когда требуется организовывать параллельную работу нескольких совершенно различных операций. Например, чтение из сокета, обработку полученной информации и отображение графического интерфейса.

Блочная организация работы нацелена больше на обработку массивов данных и выполнения одной и той же функции в нескольких потоках, но с разными аргументами. Данный способ позволяет не задумываться об управлении временем жизни каждого потока, важно только чтобы выполняемые операции в блоке не были бесконечны. Во время полонения блочной операции, поток, запустивший ее, ждет завершения всех потоков, которые были порождены во время ее запуска. Также данный подход позволяет не беспокоиться в выборе оптимального количества потоков. Так как выбор становится задачей библиотеки, которая реализует эту технологию. Она рассчитывает количество потоков относительно количества процессоров и их конфигурации.

**Анализ технологий организации многопоточности.** Ниже приведены технологии, которые позволяют обеспечить свободный подход к параллелизму.

Pthread:

- POSIX Threads;
- написан на Си;
- для более удобной работы лучше написать дополнительные оболочки;
- поддерживает потоки, мютексы, барьеры;
- прост в подключении;
- можно использовать практически в любых задачах;
- предоставляет только базовые возможности из-за чего время разработки, и количество ошибок может вырасти;

Std threads:

- появилось в 11-ом стандарте;
- по своей функциональности является практически ООП-версией pthreads;
- для работы требуется только поддержка компилятором;

TinyThread++:

- дублирует функционал потоков из std;
- малый размер;
- удобен, если нет возможности использовать 11-й стандарт;

Qt threads:

- основан на pthread;
- ООП версии мютекса, потоков, тредпула;
- concurrent коллекции (map reduce);
- хорош в своей экосистеме,
- могут возникнуть сложности во время внедрения;
- для полного использования возможностей потребуется изучить Qt;
- хорошая документация;
- подходит для разработки многопоточных приложений, в которых планируется активное использование Qt;

Zthreads:

- основан на pthread;
- предоставляет большой набор для многопоточного программирования;
- часть выполнена в стиле concurrency Java;
- включает в себя ThreadPool, Executor;
- блокирующие очереди;
- имеет exceptions, связанные с многопоточностью (interrupted exception, deadlock exception и т.д.);



- подходит для разработки многопоточных систем;  
Boost:
- включает в себя огромный большой набор средств для разборки многопоточного ПО;
- часть функционала экспериментальна;
- активно развивается;
- поддерживает от различных thread pool до concurrency структур данных;
- большое сообщество, что позволяет быстро найти решение типовой проблемы.

Ниже приведены технологии, которые позволяют обеспечить блочный подход к параллелизму.

#### Threading Building Blocks (ТВВ):

- технология от Intel;
- оптимизирована под процессоры Intel;
- не требуется вручную управлять жизнью потоков и их количеством;
- ТВВ сам определяет, сколько потоков нужно выделить;
- присутствует `parallel_for`, потокобезопасные контейнеры (вектор, очередь, хеш-таблица);
- удобен для быстрого и качественного распараллеливания обработки данных;

#### OpenMP:

- не требуется вручную управлять жизнью потоков и их количеством;
- сам определяет, сколько потоков нужно выделить;
- имеет конструкции для создания потоков (директива `parallel`);
- имеет конструкции распределения работы между потоками (директивы `DO/for` и `section`);
- имеет конструкции для управления работой с данными (выражения `shared` и `private` для определения класса памяти переменных);
- имеет конструкции для синхронизации потоков (директивы `critical`, `atomic` и `barrier`);
- имеет процедуры библиотеки поддержки времени выполнения (например, `omp_get_thread_num`);
- имеет переменные окружения (например, `OMP_NUM_THREADS`);

#### CUDA:

- аналогичен по использованию ТВВ;
- не требуется вручную управлять жизнью потоков и их количеством;
- сам определяет, сколько потоков нужно выделить;
- код исполняется на GPU;
- может обеспечить очень высокую производительность, если выполнение происходит на мощном GPU;
- имеет большой набор математических библиотек и библиотек для работы с нейронными сетями;
- технология работает только на GPU от Nvidia;

#### OpenCL:

- аналогичен по использованию ТВВ;
- не требуется вручную управлять жизнью потоков и их количеством;
- сам определяет, сколько потоков нужно выделить;
- код исполняется на GPU;
- может обеспечить очень высокую производительность, если выполнение происходит на мощном GPU;
- технология работает на большинстве современных GPU, в том числе и на мобильных;
- очень схож с CUDA, но развивается медленнее и не имеет такого обширного набора инструментов как CUDA.

**Заключение.** Были проанализированы технологии параллелизма на языке C++. Во время анализа удалось разделить их на две разных группы по типу параллелизма. Анализ показал, что блочный тип параллелизма может существенно ускорить время разработки для многопоточной обработки данных при условии, что программист знаком с основами многопоточного программирования. А свободный тип больше подходит организации сложных многопоточных архитектур.

### Литература

1. POSIX Threads [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/POSIX\\_Threads](https://ru.wikipedia.org/wiki/POSIX_Threads), своб.
2. C++11 multithreading tutorial [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://solarianprogrammer.com/2011/12/16/cpp-11-thread-tutorial/>, своб.
3. TinyThread++ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tinythreadpp.bitsnbites.eu/>, своб.
4. Qt threads [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://doc.qt.io/qt-4.8/thread-basics.html>, своб.
5. Zthreads [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://zthread.sourceforge.net/>, своб.
6. Boost Chapter 38. Thread 4.7.2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.boost.org/doc/libs/1\\_64\\_0/doc/html/thread.html](http://www.boost.org/doc/libs/1_64_0/doc/html/thread.html), своб.
7. Threading Building Blocks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.threadingbuildingblocks.org/tutorial-intel-tbb-task-based-programming>, своб.
8. OpenMP [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/OpenMP>, своб.

УДК 67.02, 338.001.36

### ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОТОТИПИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ, ЛЕЖАЩЕЙ В ОСНОВЕ РАБОТЫ КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОТОТИПИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Лихачева Т.С.<sup>1</sup>, Легуновский Д.С.<sup>1</sup>, Романова Е.Б.<sup>1</sup>, Бондаренко И.Б.<sup>1</sup>

Научный руководитель – к.т.н., ассистент Кузнецов А.Ю.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

Изготовление прототипов печатных узлов и корпусов электронных средств является одним из этапов проектирования изделий, а важным условием конкурентоспособности в условиях современного рынка электронных средств является сокращение срока вывода продукта на рынок. В работе отражены результаты исследования технико-экономических характеристик методики проектирования и прототипирования электронных средств, лежащей в основе работы комплекса автоматизации проектирования и прототипирования электронных средств.

**Ключевые слова:** технико-экономическое обоснование, методика, прототипирование, электронные средства, автоматизация, аддитивные технологии, субтрактивные технологии.

Существуют различные методы изготовления печатных плат. Для исследования были выбраны методы, реализуемые в лабораторных условиях, относящиеся как к субтрактивной (подразумевают удаление части токопроводящего слоя), так и аддитивной (основываются на нанесении токопроводящего слоя) технологиям.

Исследование проводилось в рамках НИОКР № 416037 «Разработка комплекса автоматизации проектирования и прототипирования электронных средств» для выбора методов, на которых будет основываться работа разрабатываемого комплекса автоматизации проектирования и прототипирования электронных средств (КАПиПЭС).

Анализ технических характеристик методов изготовления печатных плат (ПП) был проведен авторами ранее, результаты этого анализа приведены в работе [1], однако, для более полной оценки эффективности выбранных методик и обоснования их применения было проведено исследование их технико-экономических характеристик, результаты этого исследования приведены в настоящей работе.

**Субтрактивные методы.** Одним из вариантов реализации субтрактивного метода изготовления ПП является применение химического травления. Химическое травление применяется в лазерно-утюжной технологии (ЛУТ), которая выполняется ручным способом. В этой технологии в качестве оборудования применяются принтер и утюг, а также проводится химическое травление ПП. В среднем небольшая плата в зависимости от условий травления изготавливается по такому методу примерно за 1 ч, а стоимость изготовления участка платы площадью  $1 \text{ см}^2$  составит 1,4 руб.

Также химическое травление применяется в фоторезистивном методе. Этот метод может быть как ручным, так и автоматизированным. В рамках исследования было рассмотрено ручное исполнение данного метода, так как оно более доступно для реализации в лабораторных условиях. Для изготовления ПП по такому методу потребуются принтер и ультрафиолетовая лампа, а также специфические расходные материалы, например, пленочный фоторезист. Изготовление небольшой печатной платы по такому методу в зависимости от условий экспонирования и травления займет примерно 1,5 ч, а стоимость  $1 \text{ см}^2$  платы составит 1,7 руб.

Несмотря на то, что ручное создание прототипов ПП занимает небольшое время и имеет невысокую удельную стоимость, ручные методы, основанные на химическом травлении, имеют ряд недостатков:

- отсутствие или низкая степень автоматизации;
- необходимость применения химических веществ;
- большое количество технологических операций;
- производство максимум двусторонних плат;
- ЛУТ имеет низкую технологичность;
- фоторезистивный метод имеет высокую цену на расходные материалы.

Другим вариантом реализации субтрактивного метода изготовления ПП является механическое удаление токопроводящего слоя. Эта процедура может выполняться гравировкой на фрезерном станке или посредством лазерной гравировки. Одним из примеров установки с фрезерной головкой является гравер Roland. Упомянутая установка в качестве примера выбрана на основе требований, предъявляемых к разрабатываемому в рамках научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) комплексу, например, тип конструкции – порталный, размер рабочего поля должен быть не менее, чем  $300 \times 300 \text{ мм}^2$ , частота вращения шпинделя должна составлять не менее 24 000 об/мин. Гравер Roland имеет большое рабочее поле ( $407 \times 305 \times 42,5 \text{ мм}$ ), мощный шпиндель (до 30000 об/мин), а также хорошо способен работать на высоких скоростях.

Топология несложной платы, размером  $10 \times 10 \text{ см}$ , на подобном оборудовании изготовится примерно за 1 ч. Стоимость  $1 \text{ см}^2$  платы составит 1,2 руб.

Механическое формирование топологии имеет свои преимущества:

- малое количество технологических операций;
- относительно низкие требования к жесткости конструкции;
- недорогие комплектующие (расходные материалы);
- высокая степень автоматизации;
- отсутствие необходимости в химических реагентах.

Но такой метод также имеет и свои недостатки:

- относительно невысокая скорость изготовления;

- при фрезеровании образуется мелкодисперсная пыль;
- также возможно влияние различных факторов на точность изготовления.

Аддитивные методы. По аддитивной технологии изготовление печатных узлов производится посредством нанесения токопроводящего слоя: он наносится либо на заранее заготовленную диэлектрическую подложку, либо на подложку, напечатанную из пластика. Такая технология может быть реализована различными способами:

- заполнение полостей токопроводящими материалами;
- печать с помощью токопроводящего филамента;
- печать токопроводящими и диэлектрическими пастами.

Для заполнения полостей токопроводящим материалом (рис. 1) применяются токопроводящие пасты. Это скорее ручной метод, хотя его тоже можно автоматизировать.

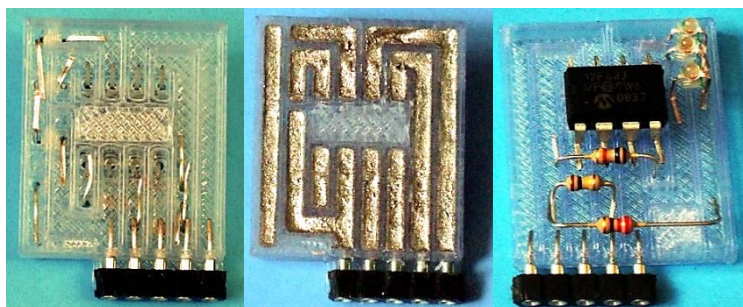


Рис. 1. Заполнение полостей токопроводящим материалом [2]

Также проводники можно наносить, применяя возможности 3D-печати [3] методом послойного наплавления, с помощью токопроводящих филаментов, например, Multi3D Conductive Filament (удельное сопротивление: 0,006 Ом·см; цена за 100 г: 114 долл. США), ABS Conductive (удельное сопротивление: 104 Ом·см; цена за 1 кг: 4200 руб.) или Proto-Pasta Conductive PLA (удельное сопротивление: 30 Ом·см; цена за 500 г: 52 долл. США). Печать на принтере пластиком займет примерно 1 ч для платы, размером 10 см<sup>2</sup> и толщиной 1 мм. А стоимость 1 см<sup>2</sup> платы, толщиной 1 мм, составит 0,1 руб.

Существует также установка, которая совмещает функции печати пластиком и токопроводящей пастой – это Voxel8. Она позволяет за один цикл распечатать функционирующее устройство, совмещая печать корпуса с печатью токопроводящих проводников (рис. 2). Однако подобное оборудование является дорогостоящим.

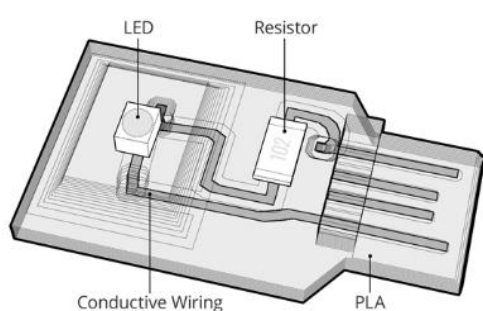


Рис. 2. Совмещенная печать корпуса и проводников с помощью пластика и токопроводящей пасты [4]

Другой вариант аддитивного формирования топологии печатной платы подразумевает печать специализированными пастами: как токопроводящими, так и диэлектрическими. Пример такой установки: Voltera-V-One. Пасты наносятся на уже готовую подложку (рис. 3). Время заполнения топологии одной платы, размером 1 см<sup>2</sup> составит примерно 10 мин. Однако стоимость 1 см<sup>2</sup> платы составит 4,2 руб.

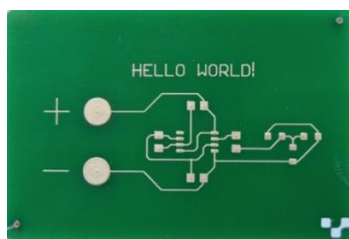


Рис. 3. Печать токопроводящими и диэлектрическими пастами [5]

Применение технологий трехмерной печати имеет следующие преимущества:

- малое количество технологических операций;
- высокая степень автоматизации;
- отсутствие необходимости в химических реагентах;
- изготовление изделий любой формы, в том числе корпусов электронных средств;
- прямое изготовление изделия по цифровой трехмерной модели практически без использования дополнительных инструментов и пресс-форм;
- возможность внесения изменений в проект не требуют дополнительных затрат при производстве;
- увеличение сложности конструкции без дополнительных затрат при производстве;
- высокая производственная гибкость – изделия могут быть изготовлены в любом порядке без увеличения стоимости;
- возможность создания функциональных интегрированных конструкций в одном технологическом процессе;
- экономный расход материалов;
- возможность индивидуализации изделия способствует получению дополнительного дохода;
- отсутствие дополнительных затрат при производстве большого количества вариантов изделий;
- упрощение процесса выхода на рынок;
- общее снижение себестоимости продукции.

Однако такой метод также имеет и свои недостатки:

- для изделий, изготовленных из пластика, сложно применять пайку;
- скорость изготовления относительно невысокая;
- возможны токсичные испарения некоторых видов пластика;
- сложно обеспечить качество изготавливаемых изделий;
- в большинстве случаев полученная поверхность нуждается в дополнительной обработке;
- высокие предельные издержки производства (затраты на сырье и энергию);
- отсутствие экономии при увеличении объема производства;
- отсутствие стандартов качества;
- предложение продукта ограничено технологическими возможностями (область применения, повторяемость, качество, скорость производства);
- наличие ограничений, связанных с гарантией и правами интеллектуальной собственности;
- возникновение затрат, связанных с обучением персонала.

Кроме изготовления печатных плат и корпусов электронных средств в лабораторных условиях, они могут быть изготовлены на заказ. Изготовление печатных плат на заказ обычно занимает от одной недели. Стоимость заказа одной платы размером  $10 \text{ см}^2$  в среднем составит 1080 руб., а при заказе мелкой партии в 10 штук стоимость за одну плату уменьшится до 235 руб. [6]. Эти данные представлены для обычного заказа, если рассматривать срочные заказы, то время исполнения может уменьшиться до 2–3 дней, а цена увеличится примерно в 2 раза. Изготовление на заказ прототипов корпусов электронных средств может занимать несколько недель.

Такой способ имеет свои преимущества:

- возможно обеспечение любого класса точности;
- качественный результат будет гарантированно получен;
- возможно серийное производство.

Однако согласно представленным данным и преследуемым целям – быстрое и недорогое изготовление прототипов, – при всех преимуществах такой способ имеет существенные недостатки:

- высокая цена производства;
- большие временные затраты при единичном или мелкосерийном производстве.

Комплекс, разрабатываемый в рамках упомянутой НИОКР, предназначался для обеспечения возможности создания макетов печатных плат и создания корпусов для электронных средств посредством осуществления его реконфигурации в пределах преобразования из гравировально-фрезерного станка в 3D-принтер для печати методом послойного наращивания с возможностью установки подогреваемой платформы для изготавливаемой модели. Фрезерование и 3D-печать были выбраны в качестве основных функций КАПиПЭС на основе проведенного исследования, так как эти методы наиболее выгодные с точки зрения времени, количества технологических операций и материальных затрат на расходные материалы.

Таким образом, выбранные методы, а также конструкция комплекса, обеспечивают КАПиПЭС следующими преимуществами:

- высокая точность изготовления изделий;
- возможность создания функциональных интегрированных конструкций в одном технологическом процессе, в том числе изготовления трехмерных токопроводящих структур [7], ПП, корпусов для электронных средств, а также изделий сложной формы;
- производственная гибкость, в том числе возможность объединения нескольких технологий и расширения функционала;
- возможность внесения изменения в проект без дополнительных затрат;
- малые объемы сырья и отходов.

В результате анализа технико-экономических характеристик различных методов изготовления прототипов печатных узлов, деталей и корпусов электронных средств, с учетом выявленных преимуществ и недостатков, была подтверждена эффективность применения методов, выбранных в качестве основных для функционирования разрабатываемого КАПиПЭС.

### Литература

1. Летуновский Д.С., Лихачева Т.С. Методики прототипирования печатных плат, лежащие в основе работы комплекса автоматизации проектирования и прототипирования электронных средств // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. – 2017. – в печати.
2. 3D Printing: 3D Print a Solderless Circuit Board [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.instructables.com/id/3D-Printing-3D-Print-A-Solderless-Circuit-Board/>, своб.
3. Macdonald E. et al. 3D printing for the rapid prototyping of structural electronics // IEEE Access. – 2014. – V. 2. – P. 234–242.
4. 3D printed electronics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://voltera.io>, своб.
5. Technical Specifications [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://voltera.io>, своб.
6. Создание печатной платы. Калькулятор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://service.rezonit.ru/cards/new>, своб.
7. Gutierrez C. et al. CubeSat fabrication through additive manufacturing and micro-dispensing // International Symposium on Microelectronics. – International Microelectronics Assembly and Packaging Society. – 2011. – V. 2011. – № 1. – P. 001021–001027.

УДК 689

## БЕСПРОВОДНОЙ КОНТРОЛЛЕР ДЛЯ ОЧКОВ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Вавринюк Д.М.<sup>1</sup>, Макаренко А.С.<sup>1</sup>, Саляев А.В.<sup>1</sup>, Володин А.М.<sup>1</sup>

Научный руководитель – к.т.н., доцент Горшков К.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе рассмотрены разработка беспроводного контроллера для очков виртуальной реальности, создание приложения для мобильных устройств и интеграция данного устройства с уже существующими приложениями в учебных целях.

**Ключевые слова:** контроллер, виртуальная реальность, беспроводные технологии, манипулятор, разработка ПО.

Виртуальная и дополненная реальность – активно развивающаяся отрасль. Она активно используется в игровой индустрии, также в перспективе – в медицине или образовании. Существует большое разнообразие очков виртуальной реальности и контроллеров для них различного вида. Основная задача заключается в разработке прототипа контроллера, использующую технологию Bluetooth для подключения к устройству, и создания программного обеспечения (ПО) для его тестирования.

Главные проблемы, возникшие при разработке, это погрешности при расчете конечных параметров и интеграция с приложениями разных разработчиков. Первая решается с помощью фильтров и подборов коэффициентов. Вторая – разбором и анализом приложений сторонних разработчиков.

**Что такое беспроводной контроллер?** Одна из разновидностей манипуляторов. Он обеспечивает взаимодействие между игроком и конечным устройством посредством радиоволн. В самом простом случае представляет собой пульт, который удерживается двумя руками.

**Подбор схемы и сборка прототипа.** Основой всей конструкции является плата Arduino Uno R3, запитанной от источника питания в виде одной батареи 9V типа «Крона». Также плата поддерживает питание через порт USB 2.0 type B. Основной частью всего прототипа является модуль GY-521 MPU-6050 (рис. 1), включающий в себя:

- трехосевой MEMS-гироскоп с 16 битным аналого-цифровым преобразователем (АЦП);
- трехосевой MEMS-акселерометр с 16 битным АЦП;
- температурный сенсор;
- регистры данных датчиков.

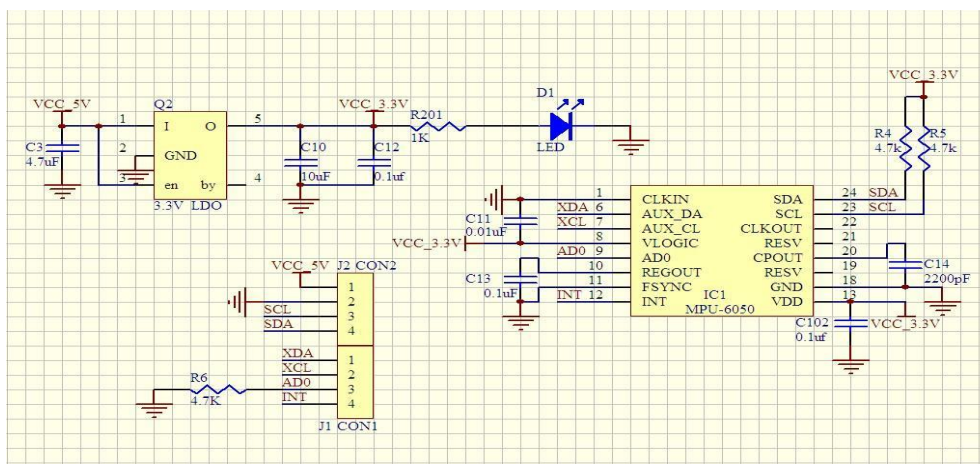


Рис. 1. Схема модуля MPU-6050

**Характеристики MPU-6050:**

- напряжение питания 2,375–3,46 В;
- потребляемый ток до 4 мА;
- интерфейс передачи данных – I2C;
- максимальная скорость I2C – 400 кГц;
- вход для других датчиков I2C;
- внутренний генератор на 8 МГц (вне модуля возможность подключить внешний кварцевый резонатор на 32,768 кГц или 19,2 МГц) [1, 2].

**Принцип работы прототипа.** Первичные показания с датчиков (гироскопа и акселерометра) передаются через модуль Bluetooth на мобильное устройство, в котором промежуточное клиентское приложение производит обработку данных и передает их в конечное приложение. Однако любое измерительное устройство имеет погрешность измерений, которое нельзя не учитывать при обработке данных. Для сглаживания и уменьшения ошибок в расчетах используется фильтр Калмана.

**Фильтр Калмана.** Фильтр Калмана – популярный алгоритм фильтрации, используемый во многих областях науки и техники. Применяется в GPS-приемниках, обработчиках показаний датчиков, при реализации систем управления и т.д.

Любой измерительный прибор обладает некоторой погрешностью, на него может оказывать влияние большое количество внешних и внутренних воздействий, что приводит к тому, что информация с него оказывается зашумленной. Чем сильнее зашумлены данные, тем сложнее обрабатывать такую информацию.

Фильтр – это алгоритм обработки данных, который убирает шумы и лишнюю информацию. В фильтре Калмана есть возможность задать априорную информацию о характере системы, связи переменных, и на основании этого строить более точную оценку (рис. 2–4), но даже в простейшем случае (без ввода априорной информации) он дает отличные результаты [3].

Алгоритм состоит из двух повторяющихся фаз: предсказание и корректировка. На первом рассчитывается предсказание состояния в следующий момент времени (с учетом неточности их измерения). На втором, новая информация с датчика корректирует предсказанное значение (рис. 2) (также с учетом неточности и зашумленности этой информации) [4].



Рис. 2. Описания переменных. Основные формулы

После фильтрации первичных данных, производится расчет углов поворота относительно осей датчика.





Рис. 3. Вид данных с гироскопа. Переменные

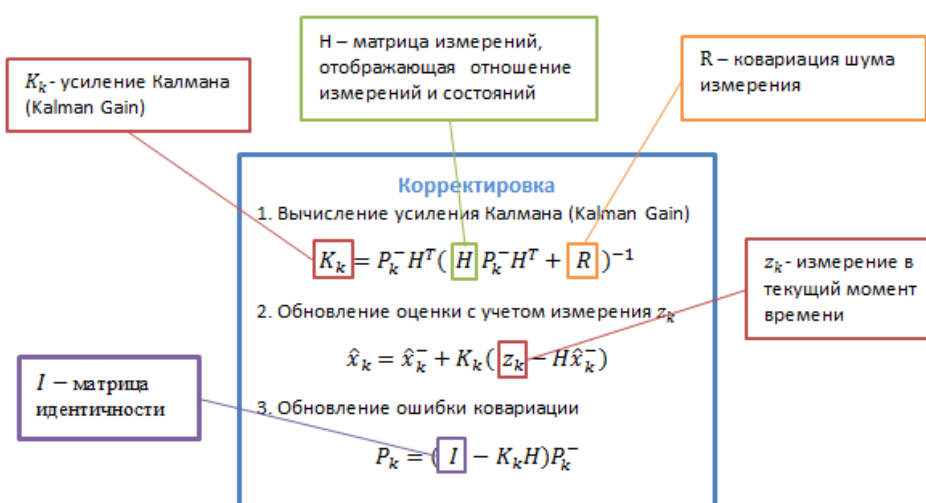


Рис. 4. Расшифровка переменных

Для проведения калибровки необходимо расположить оси  $x$  и  $y$  платы MPU6050 в горизонтальной плоскости, а ось  $z$  – перпендикулярно к основанию. Даже незначительные перемещения платы во время калибровки снижают точность расчета базовой точки. Ось  $z$  калибруется относительно силы земного притяжения –  $9,81 \text{ м/с}^2$ .

На практике добиться идеала практически невозможно, так что наша задача – минимизировать эту ошибку. Кроме того, для компенсации «дрифта», можно использовать акселерометр для расчета угла наклона, сравнения полученных данных с результатами гироскопа и последующей компенсацией данной погрешности.

После отладки математического аппарата, используемого в данном прототипе, необходимо точно определить, какие именно данные нужно снимать с данного контроллера. Для этого был произведен реверс инжиниринг.

**Передача данных по Bluetooth.** После этого началась подготовка прототипа к установлению связи уже с помощью Bluetooth соединения, а не по USB, как это было раньше.

Данный этап весьма важен, так как от качества и стабильности беспроводного соединения будет зависеть комфортность работы с данным манипулятором. Для отладки беспроводного соединения планируется использовать средства среды разработки платы Arduino, а также тестовое клиент (мобильный телефон) – серверное

(плата) приложение с интерфейсом командной строки, для сбора логов с Bluetooth модуля телефона.

**Разработка тестового приложения для ПК.** Приложение предполагается написать на языке программирования Python, так как он позволяет объединять в себе элементы ООП и функциональных языков программирования, что позволяет упростить разработку тестового приложения, а также позволит собирать логи со стандартного потока консоли операционной системы (ОС) Android. Отладку планируется проводить следующим образом: после сопряжения телефона/ПК с платой через Bluetooth будет передаваться файл, весом в 1 МБ. Во время передачи будет вестись лог с Bluetooth модуля, и производиться захват переданных пакетов (если с телефона – то через tshark, если с ПК, то через Wireshark). После анализа полученных данных, дистанция передачи будет увеличиваться на 1,5 м и все действия будут повторяться.

Этим можно добиться следующего:

- выявить максимальную эффективную дальность работы контроллера;
- отрегулировать коэффициенты усиления передатчика.

**Разработка приложения для мобильной платформы.** Далее планируется разработка простого приложения на ОС Android с целью протестировать собранный прототип в реальной обстановке. Разработка будет осуществляться на C++, используя API библиотеку QT. Она должно показать, насколько эффективно работает контроллер, а также визуализировать все действия, происходящие с манипулятором [5]. Это позволит упростить восприятие контроллера при написании кода, ответственного за манипулирование виртуальным объектом.

**Интеграция.** После тестирования на пробном приложении, планируется использовать собранный манипулятор для управления в уже созданных приложениях и, если потребуется, внести коррективы в протоколы передачи данных. Также контроллер будет работать различными VR-очками (Google Cardboard, Oculus Rift, HTC Vive и другие). Для успешного функционирования контроллер должен удовлетворять следующим требованиям [4]:

1. высокая скорость передачи данных;
2. приемлемая точность позиционирования;
3. невысокая энергозатратность;
4. совместимость с различными приложениями;
5. удобность и простота управления.

### Литература

1. MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification Revision 3.4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://cdiweb.com/datasheets/invensense/MPU-6050\\_DataSheet\\_V3%204.pdf](https://cdiweb.com/datasheets/invensense/MPU-6050_DataSheet_V3%204.pdf), своб.
2. Виртуальная реальность и девайсы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://oculus-rift.ru/virtual-reality-and-devices>, своб.
3. Сеницын И.Н. Фильтры Калмана и Пугачева. Учебное пособие. – М.: Университетская книга, Логос. 2006. – 640 с.
4. Фильтр Калмана [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/166693/>, своб.
5. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования. – М.: Солон-Пресс, 2012. – 256 с.

УДК 004.05:004.415.53

**АНАЛИЗ УТИЛИТ ДЛЯ КРОСС-БРАУЗЕРНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ  
ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ****Макаренко Д.В.<sup>1</sup>****Научный руководитель – к.т.н. Балакшин П.В.<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе проведен анализ утилит для кросс-браузерного тестирования веб-приложений. В результате были сформированы рекомендации по использованию утилит для сокращения времени на кросс-браузерное тестирование.

**Ключевые слова:** тестирование, утилита, кросс-браузерность, веб-приложение.

В настоящее время существует большое количество веб-приложений, которые должны корректно и эффективно работать в различных браузерах. Время, затрачиваемое на кросс-браузерное тестирование, может быть очень большим в связи с необходимостью установки всех поддерживаемых браузеров. Но существуют специализированные утилиты, которые позволяют производить кросс-браузерное тестирование без установки всех браузеров на проектных компьютерах. Данные утилиты могут сильно отличаться друг от друга по различным параметрам (принцип работы, стоимость и т.д.), поэтому перед использованием какого-либо конкретного продукта, необходимо удостовериться, что он удовлетворяет всем требованиям проекта.

**Цель работы** – сократить время на кросс-браузерное тестирование посредством использования специализированных утилит. Содержание исследования заключалось в следующем:

1. сбор статистических данных об использовании различных браузеров и операционных систем;
2. выбор критериев для анализа существующих утилит для кросс-браузерного тестирования веб-приложений;
3. выбор анализируемых утилит для кросс-браузерного тестирования веб-приложений;
4. анализ выбранных утилит по ранее определенным критериям;
5. анализ полученных результатов.

Сбор статистических данных об использовании браузеров и операционных систем осуществлялся с авторитетного ресурса netmarketshare.com [1] и на основании данных US Government Digital Analytics Program [2]. Эти данные позволяют не только увидеть картину популярности использования браузеров в мире, но и проанализировать статистику использования браузеров на различных операционных системах. При выборе утилиты необходимо будет удостовериться, что она предоставляет возможность тестирования в необходимых популярных браузерах.

Для анализа были выбраны такие критерии как стоимость, интерактивность, скорость работы, доступные браузеры и возможность автоматизации. Во внимание принимался также и финансовый аспект использования каждой из утилит: цена за использование и уменьшение стоимости времени на тестирование, т.е. снижение затрат. Выбранный набор критериев позволяет определить, предоставляет ли каждая из утилит все необходимые для тестирования браузеры и возможности для тестирования (интерактивное взаимодействие или получение скриншотов, выполнение автоматических тестов).

Для анализа были выбраны пять наиболее распространенных утилит (BrowserStack.com, CrossBrowserTesting.com, Browsera.com, Browser Sandbox, Browsershots.org) [3]. Каждая из них была рассмотрена с точки зрения критериев, описанных выше.

Для измерения времени открытия браузеров и генерации скриншотов производилось по 50 измерений для каждого из рассматриваемых браузеров или комбинации браузеров. Результаты измерений представлены в табл. 1 наряду с

данными о стоимости каждой из утилит. Для всех временных показателей был рассчитан доверительный интервал [4].

Таблица 1. Результаты исследования времени работы и стоимости

Название утилиты	Открытие браузеров	Генерация скриншотов	Стоимость
BrowserStack.com	15–21 с ± 2 с	5 мин ± 30 с для 15 различных браузеров	От 0\$* до 2,499\$ в месяц
CrossBrowserTesting.com	13–28 с ± 4 с	10 мин ± 1,5 мин для 15 различных браузеров	От 30\$ до 199\$ в месяц
Browsera.com	–	23 мин ± 3 мин для 5 различных браузеров	От 0\$ до 99\$ в месяц
Browser Sandbox	22–30 с ± 4 с	–	От 0\$ до 11,95\$ в месяц
Browsershots.org	–	26 мин ± 4 мин для 15 различных браузеров	От 0\$ до 29,95\$

Результаты исследования возможностей, предоставляемых каждой из утилит, представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты исследования возможностей утилит

Название утилиты	Доступные для тестирования браузеры	Интерактивность	Возможность автоматизации
BrowserStack.com	17	Реальные устройства + скриншоты	есть
CrossBrowserTesting.com	18	Реальные устройства + скриншоты	есть
Browsera.com	4	Скриншоты	нет
Browser Sandbox	4	Реальные устройства	нет
Browsershots.org	22	Скриншоты	нет

Благодаря представленным таблицам появляется возможность увидеть, какие из утилит обладают преимуществом перед остальными в рамках каждого из критериев. Так как каждый проект по созданию веб-приложений может иметь различные особенности, то после изучения этих особенностей можно сформировать рекомендации об использовании какой-либо из утилит в условиях рассматриваемого проекта. А использование наиболее подходящей утилиты, в свою очередь, позволит максимально сократить время на кросс-браузерное тестирование.

В дальнейшем планируется исследовать возможности утилит не только по кросс-браузерному, но и по кросс-платформенному тестированию.

### Литература

1. Тестируем кроссбраузерную совместимость – на что важно обратить внимание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://software-testing.ru/library/testing/other-testing/2488-cross-browser-compatibility-testing>, своб.
2. Which browser is most popular on each major operating system? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zdnet.com/article/which-browser-is-most-popular-on-each-major-operating-system/>, своб.
3. The 7 Cross-Browser Testing Tools You Need in 2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sitepoint.com/the-7-cross-browser-testing-tools-you-need-in-2016/>, своб.

4. Доверительный интервал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://sernam.ru/book\\_tp.php?id=75](http://sernam.ru/book_tp.php?id=75), своб.

УДК 004.428.4

## СПОСОБЫ РАСЧЕТА МОДЕЛЕЙ СИСТЕМНОЙ ДИНАМИКИ В ОБЛАЧНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ

Мулюкин А.А.<sup>1</sup>

Научный руководитель – к.т.н., доцент Перл И.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе представлены основные направления, которые способны улучшить процесс расчета моделей системной динамики с использованием распределенных вычислительных ресурсов. Два основных направления исследования это – разработка специализированного алгоритма исполнения моделей системной динамики и улучшение самого процесса исполнения моделей системной динамики. В работе приведены результаты по каждому из этих направлений.

**Ключевые слова:** системная динамика, распределенные вычисления, облачные вычисления, расчет моделей, моделирование.

**Вступление.** Системная динамика – это направление моделирования, представляющее собой исследование нелинейного поведения сложных систем в течение длительного времени. Модели системной динамики описываются с помощью простых структур и связей, что позволяет применять данное моделирование в различных сферах деятельности, например, моделирование бизнес-процессов, экономические связи, здравоохранение, экология окружающей среды и т.д. [1, 2].

В связи с быстрым ростом объема обрабатываемых данных с помощью системной динамики для моделирования требуется выделять большой объем вычислительных ресурсов, таких как оперативная память и процессорное время. Несмотря на то, что в настоящее время мощность персональных и мобильных компьютеров стала достаточно высокой, этого по-прежнему может не хватать для выполнения сложных комплексных моделей системной динамики. Выполнение таких моделей может потребовать все ресурсы персонального компьютера в течение длительного промежутка времени, в пределах которого использование персонального компьютера становится не возможным. Также стоит учитывать тот факт, что на время всего моделирования требуется обеспечить непрерывную работу вычислительной системы. Например, отключение электропитания может привести к потере результатов моделирования, для получения которых потребовалось значительное время. Крупные компании, серьезно занимающиеся моделированием процессов системной динамики, имеют мощные сервера с постоянным доступом для запуска моделей. Но для небольших групп исследователей и ученых, занимающихся системной динамикой, поиск надежной платформы для работы с моделями является серьезной и актуальной проблемой.

В соответствии с этим было предложено решение по реализации специализированной облачной платформы, которая позволит производить выполнение моделей системной динамики удаленно [3, 4]. Для реализации данной платформы, необходимо провести исследование о возможных способах облачного исполнения моделей системной динамики.

Для того чтобы использовать ресурсы распределенного вычислительного центра, необходимо заняться изучением вопросов разработки и применения новых подходов исполнения моделей системной динамики. Два основных направления для достижения этой цели заключаются в разработке специализированного алгоритма системной динамики и в изучении, и изменении процесса исполнения моделей системной динамики. Причем каждое из этих направлений не противоречат друг другу и могут применяться совместно [3, 5].

**Распределенные алгоритмы.** Во время исследования было разработано несколько основных распределенных алгоритмов:

1. алгоритм разделения отрезков времени – данный алгоритм заключается в разбиение моделируемого времени на отдельные независимые отрезки, которые получаются путем выполнения модели с увеличенным шагом моделирования. Независимые отрезки времени могут быть рассчитаны параллельно;
2. алгоритм на основе сообщений – данный алгоритм основан на независимом исполнении каждого компонента модели. Каждый компонент взаимодействует друг с другом посредством обмена сообщениями с помощью центрального брокера сообщений. Таким образом, компоненты модели могут быть распределены между разными вычислительными узлами и могут выполняться независимо друг от друга.

После разработки данных алгоритмов, а также стандартного алгоритма на языке C# было проведено тестирование для получения таких показателей, как время работы алгоритма и точность получаемых результатов.

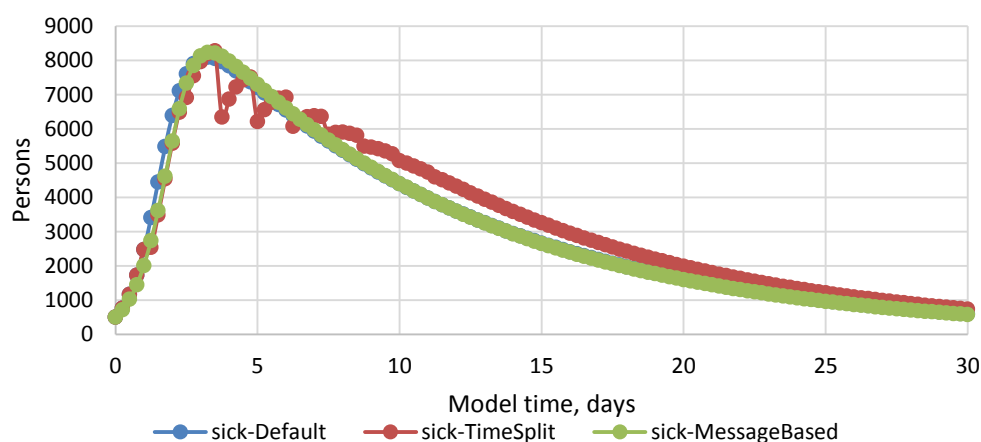


Рис. 1. Результаты моделирования, полученные разными алгоритмами

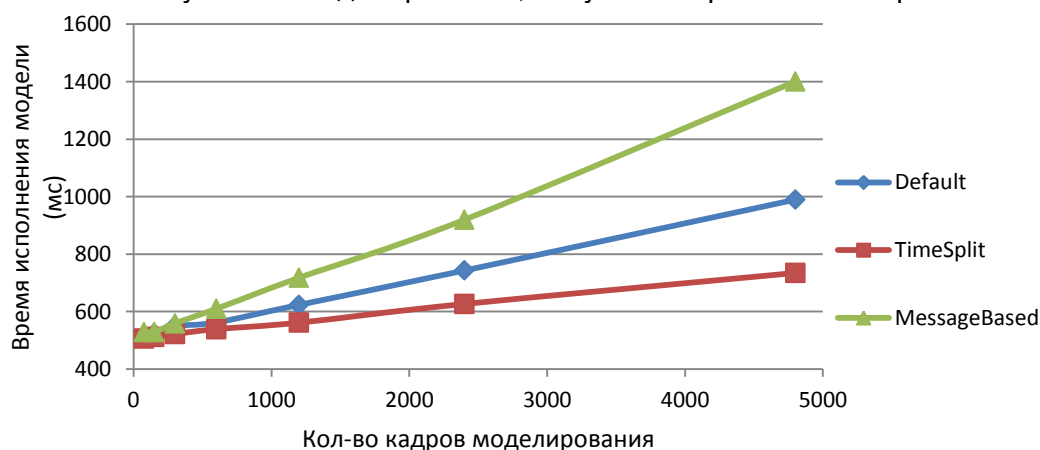


Рис. 2. График времени работы алгоритмов в зависимости от количества шагов моделирования

Как видно из приведенных графиков на рис. 1 и 2, алгоритм разделения отрезка моделируемого времени работает почти в два раза быстрее стандартного алгоритма, но данный алгоритм вносит большую погрешность для результатов, которые имеют не линейную функцию изменения значения. В то же время алгоритм, на основе сообщений, оказался менее производительным по сравнению со стандартным алгоритмом, это обусловлено тем, что данный алгоритм рассчитан в первую очередь на модели, которые состоят из большого множества компонентов, а тестирование проводилось на относительно простой модели, состоящей из небольшого числа компонентов (стоков и потоков). В связи с этим алгоритм на основе сообщений требует более детального изучения и анализа.

**Изменение процесса исполнения моделей системной динамики.** Второй из подходов, который может быть использован для улучшения качества сервиса облачного моделирования – это улучшение процесса исполнения моделей. Под процессом исполнения подразумевается абстрактная последовательность действий, которые необходимо выполнить для получения результатов моделирования. Классический подход заключается в последовательном выполнении таких шагов, как:

1. чтение структуры модели;
2. чтение входных данных;
3. расчет кадров моделирования;
4. сохранение результатов моделирования;
5. анализ результатов.

Но последовательное выполнение приводит к таким проблемам, как большое использование оперативной памяти для хранения всех результатов моделирования перед непосредственным его сохранением во внешнее хранилище. Также из-за этого откладывается процесс анализа результатов. И в результате этого, для получения окончательного результата требуется затратить больше процессорного времени. Таким образом, шанс прерывания процесса исполнения модели повышается. Данный процесс не гарантирует надежности, и, в случае проблем с вычислительным узлом во время исполнения модели, все промежуточные результаты будут потеряны. При подробном разборе данных шагов можно улучшить данный процесс и построить его таким образом, что итоговое время исполнения модели будет меньше (рис. 3), а также повысится надежность системы (рис. 4). Для этого необходимо изменить шаги, отвечающие за расчет моделирования и сохранение результатов. Вместо последовательного выполнения данных шагов для всех кадров моделирования, необходимо делать это группами. Таким образом, сохранение результатов происходит как можно раньше, и, даже в случае прерывания процесса исполнения модели, его можно восстановить с минимальными потерями вычислительных ресурсов.

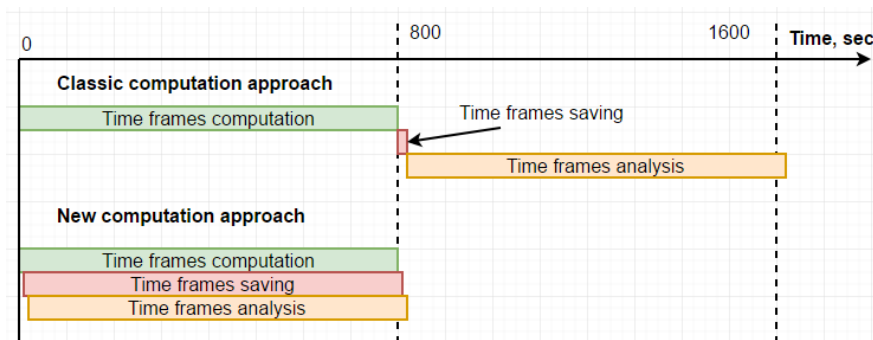


Рис. 3. Временная диаграмма шагов процесса исполнения моделей системной динамики

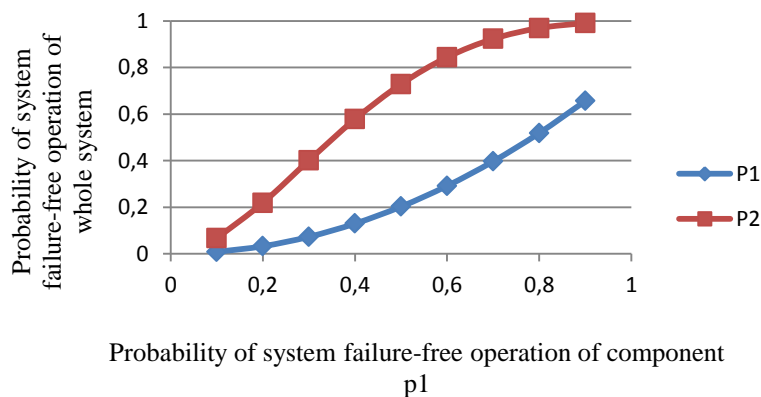


Рис. 4. График зависимости вероятности безотказной работы системы в зависимости от вероятности безотказной работы компонента  $p_1$

Также новый процесс исполнения моделей системной динамики позволит улучшить использование оперативной памяти, это видно на рис. 5.

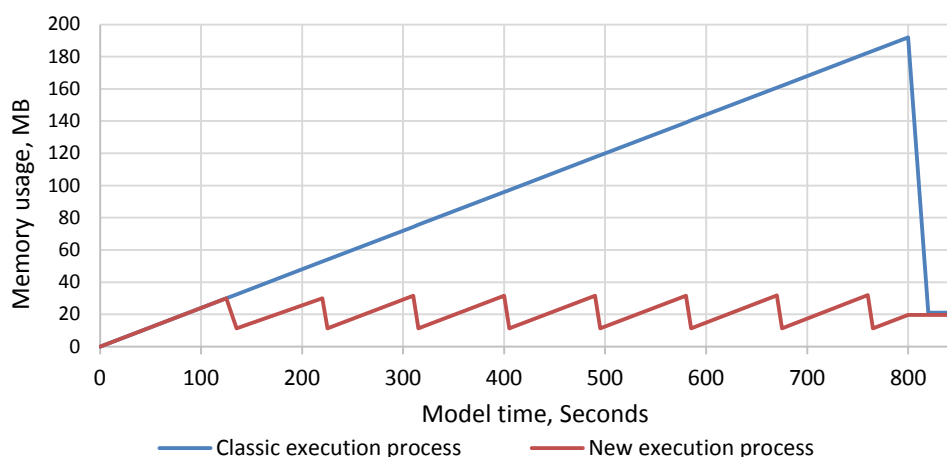


Рис. 5. График использования оперативной памяти во время исполнения модели системной динамики

При современном развитии технологий оперативной памяти разница между 32 МБ и 192 МБ используемой оперативной памяти не играют большой роли. Но если это касается облачных вычислений, то каждый небольшой кусочек, который будет сэкономлен, очень сильно влияет на общую вычислительную мощность, так как облачная платформа в первую очередь рассчитана на большую нагрузку.

**Вывод.** Таким образом, существует несколько основных направлений для развития темы исполнения моделей системной динамики на облачной инфраструктуре. Первое направление занимается разработкой распределенных алгоритмов. Результаты, полученные на данном этапе, являются не самыми лучшими, но это лишь означает, что необходимо продолжать исследования в данном направлении. Второе направление – занимается методологией процесса исполнения модели системной динамики. Благодаря этому направлению был получен новый процесс исполнения, который лучше расходует вычислительные ресурсы, а также является более надежным по сравнению с классическим алгоритмом. Использование результатов двух направлений вместе позволит улучшить сервис облачного моделирования.

### Литература

1. John D. Sterman. Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world. – USA, Cambridge, Massachusetts: MIT, 2002. – 32 p.
2. Forster J.W. The Beginning of System Dynamics. – USA, Cambridge, Massachusetts: MIT, 1989. – 16 p.
3. Мулюкин А., Перл. И. Обзор возможностей оптимизации процесса моделирования системной динамики // Сб. трудов V Всероссийского конгресса молодых ученых. – 2016. – Т. 2. – С. 39–42.
4. Perl I., Mulyukin A., Kossovich T. Continuous Execution of System Dynamics Models on Input Data Stream // Proceeding of the 20th conference of FRUCT association. – 2017. – P. 371–376.
5. Mulyukin A., Kossovich T., Perl I. Effective Execution of Systems Dynamics Models // Abstracts of the 19th Conference of Open Innovations Association FRUCT. – 2016. – P. 358–364.



УДК 004.021, 004.272.25

## МЕДИАННАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАФИЧЕСКИХ УСКОРИТЕЛЕЙ

Насыров К.Н.<sup>1</sup>

Научный руководитель – к.т.н., ассистент Перминов И.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе разработан программный модуль, позволяющий сократить временные затраты на выполнение алгоритма медианной фильтрации, предназначенный для использования на графических ускорителях.

**Ключевые слова:** медианная фильтрация, оптимизация, GPU, графические ускорители.

**Введение.** С развитием компьютерных технологий Интернет заполнили изображения различного размера и качества, а современные технологии позволяют делать снимки в сверхвысоком разрешении с полной цветопередачей. Но, к сожалению, любое цифровое изображение, независимо от его характеристик, может оказаться полностью бесполезным, если в результате неправильной передачи, хранения или съемки будет сильно искажено. Одним из часто встречающихся видов искажения является цифровой шум, выражающийся в белых пикселях, хаотично разбросанных по изображению. Такого рода искажения сильно усложняют восприятие информации с изображения, а то и вовсе делают его «нечитаемым» [1].

Широко распространенным видом обработки изображений является медианная фильтрация, которая, в частности, применяется для избавления от импульсных помех и снижения уровня шума. Этот алгоритм применяется уже очень давно и хорошо себя зарекомендовал.

Так как необходимость в обработке искаженных изображений существует с момента появления фотоэлементов, на текущий день было разработано множество решений, позволяющих ускорить медианную фильтрацию. Большая часть программных средств создавалась без учета возможностей используемой платформы, либо ориентирована на выполнение на CPU, в то время как наиболее эффективным решением является использование графических ускорителей. Решения же для графических процессоров немногочисленны и не учитывают некоторые важные особенности архитектуры GPU, которые могут увеличить производительность фильтрации.

Описание исходного алгоритма. В работе рассмотрен алгоритм медианной фильтрации с размером окна  $3 \times 3$ , как один из распространенных способов фильтрации.

Для получения отфильтрованного значения в позиции  $(x, y)$ , алгоритм выбирает медианное значение из множества пикселей исходного изображения, попадающих в окно фильтрации с центром  $(x, y)$  (рис. 1).

	X-3	X-2	X-1	X	X+1	X+2	X+3	
Y-3	104	87	81	115	118	117	117	элементы находящиеся в области {92, 95, 95, 96, 96, 115, 117, 118, 119}
Y-2	121	114	88	118	116	119	121	
Y-1	123	118	96	115	117	120	123	med <sub>3*3</sub> (x,y) = 96
Y	118	119	96	92	119	119	120	
Y+1	119	119	95	95	118	121	123	
Y+2	123	125	100	104	111	122	123	
Y+3	121	125	104	108	103	118	130	

Рис. 6. Пример медианной фильтрации

В качестве рабочей платформы для исследования использовался графический ускоритель Radeon RX460, обладающий 14 вычислительными блоками (Compute Unit, CU), работающими на частоте 1,2 ГГц и реализующими 896 потоковых процессора (ПП).

Рассмотрим архитектурные особенности:

- каждый CU использует SIMD-команды для организации параллельных вычислений. Это значит, что все 64 потоковых процессора данного вычислительного блока будут исполнять общий набор инструкций из произвольной ветви кода, если хотя бы один ПП данного блока должен выполнить данную ветку, но производить вычисления над своим набором данных. Чтобы результаты параллельных веток не влияли друг на друга, используется EXEC-маска, определяющая, для каких потоковых процессоров результат должен быть записан, а для каких игнорирован;
- каждый CU для хранения результатов операций имеет большое количество векторных 256 КиБ и скалярных регистров;
- для загрузки входных данных в GPU есть Global Memory, имеющая большой объем, но низкую пропускную способность. В целях снижения нагрузки на шину запросы кэшируются в L2 кэше. Неатомарные обращения к памяти происходят асинхронно;
- для организации межпроцессного взаимодействия существует разделяемая память с малым временем доступа (Local Memory), общедоступная среди потоков данного CU в количестве 64 КиБ на CU. Для организации хранения используется 32 банка памяти, позволяющих производить 1 R/W операцию за такт;
- имеется набор специальных инструкций {max, med, min} от трех операндов.

Основываясь на данной информации, модифицируем алгоритм. Для начала распараллелим нашу задачу с одного до  $N \times M$  ( $N$  – ширина,  $M$  – высота изображения) потоков, тогда каждый поток будет вычислять один пиксель отфильтрованного изображения, считывая для этого необходимое ему окно из глобальной памяти. Учитывая то, как элементы внутри wavefront ведут себя при ветвлении кода, необходимо использовать методы сортировки для массива фиксированного размера без условных операций. В данных условиях хорошо подходит «Mahmoodi's median algorithm» с использованием операций max, med, min от трех операндов (рис. 2) [2].

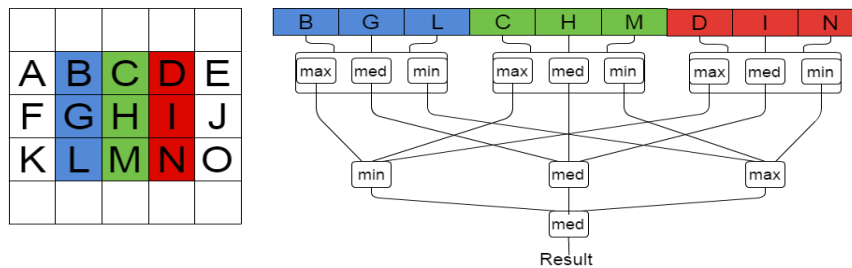


Рис. 2. Пример вычисления одной точки

В таком виде алгоритм уже можно запустить на множестве потоков, где каждый поток будет вычислять 1 пиксель изображения посредством считывания и обработки 9 пикселей исходного изображения.

Для дальнейшей оптимизации определим узкое место полученного алгоритма. Для этого найдем нижнюю границу времени выполнения.

Для фильтрации изображения необходимо:

- прочитать исходное изображение и записать результат;
- для каждого пикселя упорядочить множество соседних элементов.

Вычислим время, необходимое для операций с памятью. Объем данных разделим на пропускную способность памяти  $(4096 \cdot 2048 \cdot 2) / (112 \text{ Кбит/с}) = 0,14 \text{ мс}$ .

Затем – время, необходимое для вычислений (размер изображения) · (количество операций фильтрации) / ((частота) · (количество ПП)) =  $(4096 \cdot 2048 \cdot 13) / ((1,2 \text{ ГГц}) \cdot 896) = 0,1 \text{ мс}$ .

В текущем виде алгоритм ограничен пропускной способностью памяти.

Обратим внимание на рис. 3, из которого видно, что потоки 1 и 2 обрабатывают два общих столбца {GDL} и {CHM}, а 2 и 3 пересекаются на {CHM} и {DIN}. Из чего

следует, что происходят лишние действия, от которых можно избавиться. Каждый поток может вычислить значение одного столбца и записать результат в локальную память, после этого прочитать результаты своих соседей и продолжить вычисления. Таким образом, производится в 3 раза меньше вычислительных операций и в 3 раза меньше чтений из памяти.

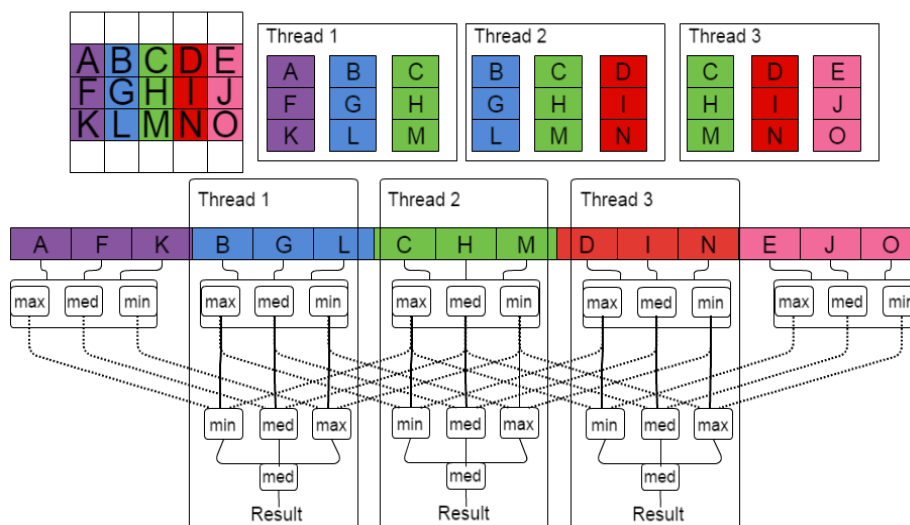


Рис. 7. Распределение задач между потоками

Так как при медианной фильтрации фильтруется только один канал, размер пикселя изображения 1 байт. В текущем виде каждый поток считывает из памяти один столбец, а так как элементы столбца в памяти располагаются на значительном расстоянии, за одно обращение поток получит только 1 байт информации. Это плохо сказывается на производительности, так как для полной загрузки шины необходимо считывать минимум по 4 байта. Тогда пусть каждый поток обрабатывает 4 подряд идущих столбца, обмениваясь результатами только первого и последнего. При таком подходе каждый поток выполняет в 4 раза больше работы, а значит, для обработки изображения необходимо в 4 раза меньше потоков. Аналогично, можно уменьшить количество потоков, увеличив количество обрабатываемых строк на поток. В таком случае во время загрузки новых данных, за счет асинхронной работы с памятью, будет выполняться обработка уже загруженных данных, что скроет низкую скорость доступа к памяти. При выборе количества строк на поток необходимо учитывать количество доступных регистров, для хранения подгружаемых данных.

В таком виде алгоритм выполняет фильтрацию изображения размером  $4096 \times 2048$  за 0,24 мс.

Рассчитаем теоретическое время выполнения арифметических инструкций. Каждый wave выполняет по 608 векторных команд, всего используется 5456 waves, тактовая частота графического ускорителя 1,2 ГГц, количество вычислительных блоков 14. Тогда получим  $(5456 \cdot 608 / (1,2 \cdot 14 \cdot 10^9)) = 0,19$  мс.

Как видно из результатов, узким местом в итоговом алгоритме является количество арифметических операций, это связано с тем как компилятор распределяет данные по регистрам, но на это в языке OpenCL повлиять нельзя. При этом полученные значения достаточно близки к нижней границе времени выполнения фильтрации.

Сравним полученные результаты с имеющимися аналогами.

Разработанный алгоритм имеет производительность 35 Гпикс/с на Radeon RX460, что с учетом заявленной производителем мощности в 2,2 TFlops составляет 15,9 Гпикс/с на Тфлопс. Для сравнения приведем результаты, описанные в статьях [3, 4].

Таблица. Сравнение результатов, описанных в статьях [3, 4]

	Текущий алгоритм. Rx460	Быстрее быстрого или глубокая оптимизация Медианной фильтрации для GPU Nvidia. GTX780Ti
Производительность	35 Гпикс/с	51,4 Гпикс/с
Производительность на Тфлопс	15,9 Гпикс/с	10,3 Гпикс/с

Как видно из таблицы, текущее решение в 1,5 раза превосходит ближайший аналог на GPU.

В результате получено решение, позволяющее значительно сократить время выполнения медианной фильтрации, но в данной работе так и не удалось полностью избавиться от узкого места в виде количества арифметических операций, ввиду отсутствия способов влиять на поведение компилятора [5].

### Литература

1. AMD Accelerated Parallel Processing OpenCL Programming Guide [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [developer.amd.com/wordpress/media/2013/07/AMD\\_Accelerated\\_Parallel\\_Processing\\_OpenCL\\_Programming\\_Guide-rev-2.7.pdf](http://developer.amd.com/wordpress/media/2013/07/AMD_Accelerated_Parallel_Processing_OpenCL_Programming_Guide-rev-2.7.pdf), своб.
2. Fast, efficient algorithms for 3x3 ranked filters using finite-state machines [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.608.4076&rep=rep1&type=pdf>, своб.
3. Быстрее быстрого или глубокая оптимизация Медианной фильтрации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/308214/>, своб.
4. Simd High performance image processing library in C++ [Электронный ресурс]: публичный доступ. <http://simd.sourceforge.net/help/index.html>, своб.
5. AMD GCN3 Instruction Set Architecture [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://amd-dev.wpengine.netdna-cdn.com/wordpress/media/2013/12/AMD\\_GCN3\\_Instruction\\_Set\\_Architecture\\_rev1.1.pdf](http://amd-dev.wpengine.netdna-cdn.com/wordpress/media/2013/12/AMD_GCN3_Instruction_Set_Architecture_rev1.1.pdf), своб.

УДК 681.7.026.6

### СЕЛЕКТИВНОЕ ПОКРЫТИЕ

Нгуен Ван Ба<sup>1</sup>

Научный руководитель – д.т.н., профессор Губанова Л.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе рассмотрено влияние нежелательных излучений слэб-лазера, который включает в себя Nd:YAG активный элемент, и показана возможность их подавления оптическим покрытием, обладающим селективным свойством по углам падения излучения. Селективное покрытие может быть изготовлено из двух пленкообразующих материалов SiO<sub>2</sub> и Ti.

**Ключевые слова:** слэб-лазер, селективное покрытие, паразитная генерация, усиленное спонтанное излучение, активный элемент, нежелательные излучения.

Слэб-лазер представляет собой класс твердотельного лазера высокой мощности, активный элемент которого имеет форму слэба (стержня). Рабочий пучок распространяется по зигзагообразной траектории, испытывая многократное полное внутреннее отражение от противоположных граней активного элемента (рис. 1).

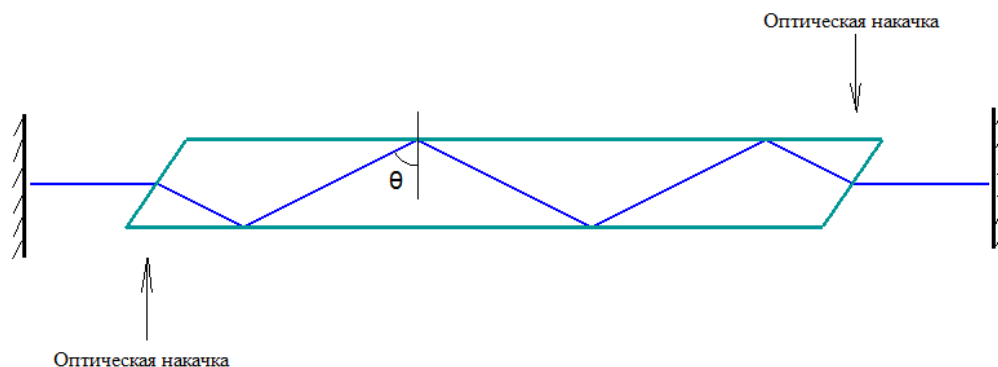


Рис. 1. Схема слэб-лазера

Достоинства слэб-лазера заключаются в следующем:

- высокая эффективность генерации излучения с достаточно хорошим качеством лазерного пучка;
- равномерное распределение температурных нагрузок и механического напряжения внутри активного элемента;
- равномерное заполнение активного элемента генерируемым излучением, которое минимизирует действие термической линзы.

Как показано в работе [1] помимо этого класса лазера возникает серьезная проблема с нежелательными излучениями: паразитная генерация (т.е. замкнутый ход лучей внутри активного элемента) и усиленное спонтанное излучение.

Решение проблемы подавления нежелательных излучений в литературе можно найти в ряде работ [2, 3]. В данной работе рассмотрен слэб-лазер с Nd:YAG активным элементом ( $n_0=1,82$  при  $\lambda=1,06$  мкм), конструкция которого рассчитана так, что рабочий пучок излучения падает под углом  $\theta=58^\circ$  на противоположные грани слэба (эти грани будем называть рабочими, а остальные – боковыми). Предельный угол полного внутреннего отражения на границе раздела с воздухом составляет  $33,7^\circ$ , поэтому кроме лазерного излучения, многие нежелательные излучения тоже испытывают полное внутреннее отражение от граней активного элемента, в результате этого они станут усиленными и уменьшают эффективность работы слэб-лазера.

Паразитная генерация и усиленное спонтанное излучение могут быть подавлены оптическим покрытием, нанесенным на рабочие грани активного элемента. Это покрытие фильтрует излучения по углам падения на него, т.е. минимально отражает излучения, падающие на покрытие под углом меньше  $\theta$ , при 100% отражении рабочего пучка, падающего на покрытие под углом  $\theta$ .

Свойство селекции излучений по углам падения ярко выражается при полном внутреннем отражении (ПВО), так что рассматриваемое покрытие явно должно опираться на это явление. В состав селективного покрытия входят как минимум две части:

1. диэлектрический слой, обеспечивающий ПВО для рабочего пучка;
2. поглощающий слой, играющий роль просветляющего покрытия.

По крайней мере, нужен один диэлектрический слой, нанесенный на рабочие поверхности активного элемента. Показатель преломления этого слоя выбирается так, чтобы предельный угол ПВО на границе YAG–слой составляет  $58^\circ$ , т.е. выполняется условие для ПВО рабочего пучка. Нетрудно получить, что его показатель преломления составляет  $n_1=n_0\sin 58^\circ=1,53$ .

После формирования диэлектрического слоя возникает новая проблема: нежелательные излучения, проходящие через границу YAG–слой, испытывают вторичное отражение на границе слой–воздух и вернутся обратно в активный элемент, что уменьшает эффективность их подавления. Лучшим способом преодоления этой проблемы является использование поглощающего слоя [4]. Поскольку показатель

преломления поглощающего слоя является комплексной величиной  $N_2=n_2-ik$ , явление ПВО никогда не происходит в нем. Толщина этого поглощающего слоя должна быть мала, иначе он станет зеркальным покрытием.

Пленкообразующий диэлектрический материал с показателем преломления 1,53 при высокой термостойкости и лучевой стойкости пока не найдется, поэтому вместо него используется  $\text{SiO}_2$ , который является очень доступным пленкообразующим материалом с показателем преломления 1,45. Одна из возможных конструкций селективного покрытия приведена в таблице, а его зависимость энергетического коэффициента отражения от угла падения излучения показана на рис. 2.

Таблица. Селективное покрытие, состоящее из двух слоев

Пленкообразующий материал	Показатель преломления	Толщина, нм
$\text{SiO}_2$	1,45	2000
Ti	3–3,91i	10

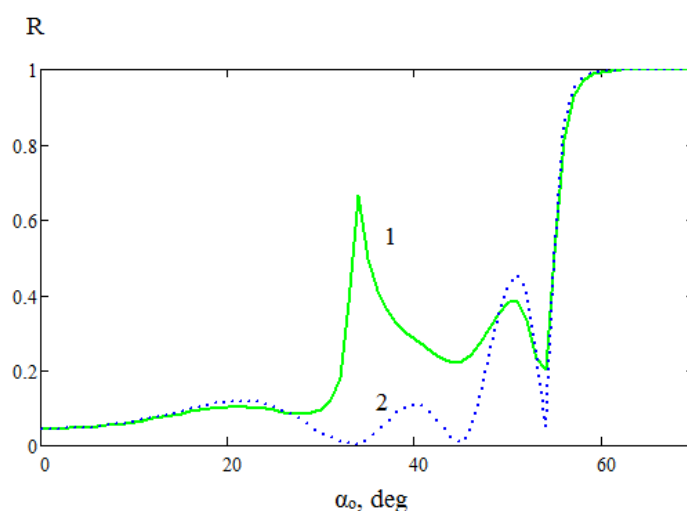


Рис. 2. Селективное свойство покрытия из двух слоев, конструкция которого представлена в таблице: 1 –  $p$ -поляризации и 2 – для  $s$ -поляризации

Для  $p$ -поляризации энергетический коэффициент отражения достигает значения 0,66 при угле падения  $35^\circ$  и не превышает значения 0,2 для углов падения от  $33^\circ$  до  $52^\circ$ . Как видно из рис. 2, рассматриваемое покрытие явно имеет некий селективный характер по углам падения излучения: энергетический коэффициент отражения достигает почти 100% при угле падения  $58^\circ$  и намного уменьшается при углах падения меньше этого.

### Литература

1. Brown D.C., Benfey D.P., Gehm W.J. [et al.]. Parasitic oscillations and amplified spontaneous emission in face-pumped total internal reflection lasers // SPIE. – 1987. – V. 736. – P. 74–83.
2. Sridharan A.K., Saraf S., Byer R.L. Yb:YAG master oscillator power amplifier for remote wind sensing // Appl. Opt. – 2007. – V. 46. – № 30. – P. 7552–7565.
3. Архипов Д.А., Венглюк В.И., Дервянко В.А. [и др.]. Оптимизация рабочих характеристик твердотельного лазера с диодной накачкой для космических применений // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2015. – Т. 15. – № 6. – С. 1000–1007.
4. Путилин Э.С. Губанова Л.А. Оптические покрытия. Учебник для вузов. – СПб.: Лань, 2016. – 268 с.

УДК 004.672

**АНАЛИЗ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ КОДИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОМ ГИБРИДНОМ ВИДЕОКОДЕКЕ H.265/HEVC****Нгуен Ван Чыонг<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Университет ИТМО

H.265 или HEVC (High Efficiency Video Coding – высокоэффективное кодирование видеозображений) – стандарт сжатия видео, разработанный объединенной командой экспертов видеокодирования JCT-VC, в которую входят коллективы ITU-T Video Coding Experts Group (VCEG) и ISO/IEC Moving Picture Experts Group (MPEG) в 2013 году. Основной целью разработчиков стандарта H.265/HEVC являлось повышение эффективности алгоритмов сжатия по сравнению с существующими стандартами. Ключевым требованием, предъявляемым к новому стандарту, стало обеспечение двукратного увеличения степени сжатия по сравнению с текущим промышленным стандартом H.264/AVC при фиксированном качестве. Хотя, изначальная цель пока не достигнута, уже получены довольно хорошие результаты примерно в 35%. H.265/HEVC использует гибридный подход кодирования видео. Таким образом, для сжатия используются внутрикадровое (интра) и межкадровое (интер) кодирование потока видеоданных.

**Ключевые слова:** H.264/AVC, H.265/HEVC, внутрикадровое кодирование, межкадровое кодирование, вектор движения.

**Введение.** Повышение степени сжатия видеопоследовательностей в рамках H.265/HEVC [1, 2] достигается благодаря введению множества новых методов и алгоритмов обработки видео. Рассмотрим основные особенности стандарта H.265/HEVC.

– Блоки дерева кодирования, CTU. При кодировании изображение разбивается на квадратные области. Наибольшей единицей такого разбиения является CTU (рис. 1). В пределах одного кодируемого потока размер CTU является фиксированным. H.265/HEVC поддерживает следующие размеры CTU: 16×16, 32×32 и 64×64 пикселей.

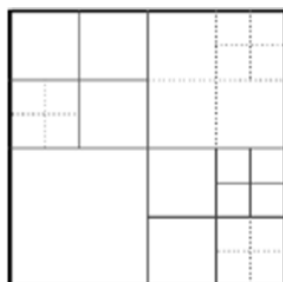


Рис. 1. Блоки дерева кодирования

- Возможности распараллеливания процессов кодирования и декодирования. Одним из новых понятий является понятие тайла (tile). Тайлы представляют собой разбиение кадра на прямоугольные области, которые могут кодироваться и декодироваться независимо друг от друга. Еще одним способом распараллеливания кодека, предусмотренным стандартом, является использование Wavefront Parallel Processing (WPP). В этом случае обработка кадра осуществляется несколькими потоками, каждый из которых работает над определенной строкой.
- Внутрикадровое предсказание (intra prediction). Для предсказания значений пикселей в областях пространственного предсказания используются восстановленные значения граничных пикселей соседних блоков. В H.265/HEVC поддерживается 35 режимов пространственного предсказания: 33 угловых режима, режим Planar и режим DC (рис. 2). Внутрикадровый режим текущего блока предсказания (Prediction Unit, PU) может быть унаследован от соседних PU. При этом в выходной поток сохраняется только индекс PU, от которого производится наследование, в однозначно устанавливаемом списке кандидатов. Этот список кандидатов в тексте стандарта носит название наиболее вероятные режимы (Most Probable Modes, MPM).

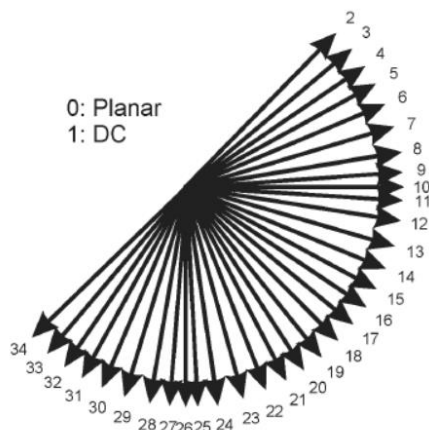


Рис. 2. Режимы пространственного кодирования в H.265/HEVC

- Определение вектора движения MV. В H.265/HEVC используется эффективное предсказание вектора движения (Advanced Motion Vector Prediction, AMVP), включающее в себя определение наиболее вероятных кандидатов на основании данных из соседних блоков PU и опорных кадров. Предсказания значений пикселей, основанные только на предсказанных AMVP-векторах, называется «слиянием» (merge). Если при этом нет необходимости кодировать остатки, в поток записывается сигнализирующий об этом флаг. Такой режим кодирования позволяет достигнуть наибольшей степени сжатия блок кодирования (Coding Unit, CU) и носит характерное название – режим Skip (пропустить).
- Компенсация движения, MC. Вектора MV рассчитываются с точностью до 1/8 пикселя. В дополнение к модифицированному деблочному фильтру применяется адаптивный SAO-фильтр (Sample Adaptive Offset) для снижения средних искажений локальных областей.
- Энтропийное кодирование. В HEVC используется контекстно-адаптивный двоичный арифметический кодер (Context-Adaptive Binary Arithmetic Coder, CABAC). В большинстве своем он аналогичен арифметическому кодеру CABAC, применяемому в AVC. В отличие от CABAC он имеет большее число контекстов. Кроме того, для увеличения эффективности энтропийного кодирования коэффициентов преобразования используется адаптивный обход коэффициентов, который явным образом определяет порядок сканирования каждого блока преобразования.

**Экспериментальные результаты.** Сравним стандарт H.265 с H.264 по следующим критериям: время кодирования и степень сжатия (по битрейту).

Сравнение было реализовано с помощью Microsoft Visual Studio с видеопоследовательностями разных размерностей. Применили JM 19.0 (Справочное программное обеспечение стандарта H.264) и HM 16.0 (HEVC Test Model).

Среднее время кодирования для разных видеопоследовательностей приведено в таблице для различных типов тестовых видеопоследовательностей.

Таблица. Средний процент уменьшения вычислительной сложности, %

Видеопоследовательность	Среднее время кодирования, с		Относительное увеличение времени
	H.264	H.265	
BUS_352x288_15_avc_384,yuv	66,460	187,248	2,81
CITY_704x576_30_avc_1024,yuv	232,819	734,037	3,15
CREW_704x576_30_avc_1500,yuv	176,579	813,807	4,06
FOOTBALL_352x288_15_avc_384,yuv	59,535	186,344	3,12



Степень сжатия для разных видеопоследовательностей представлена на рис. 3.

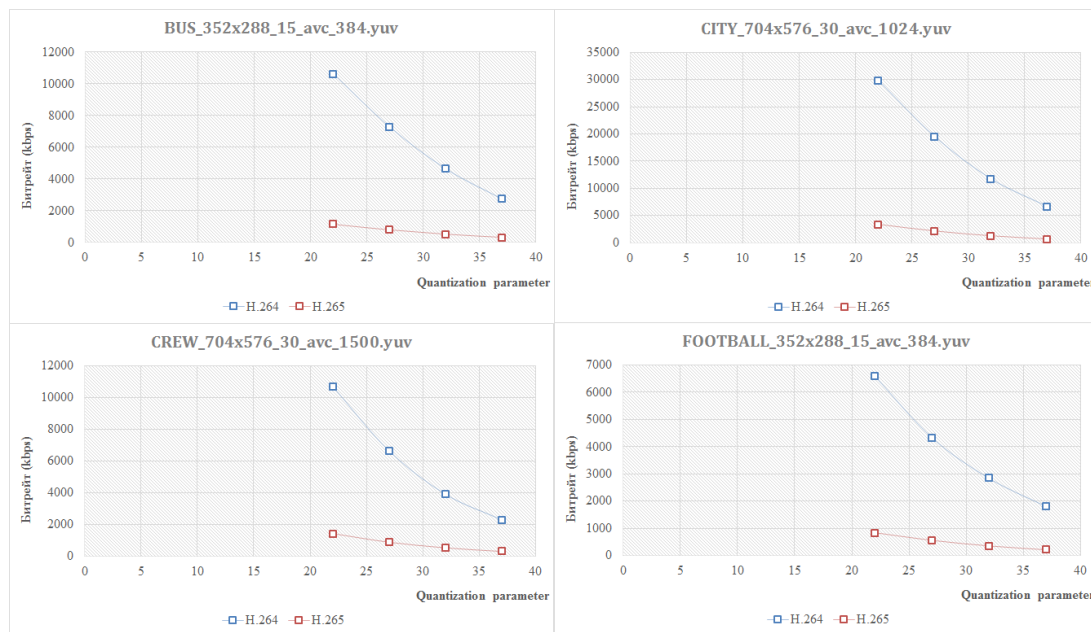


Рис. 3. Степень сжатия для разных видеопоследовательностей

**Вывод.** На основании анализа алгоритмов кодирования стандарта HEVC можно сделать следующие выводы:

1. обработка изображения при кодировании осуществляется поблочно. Каждый блок при кодировании может быть обработан по одному из множества вариантов алгоритмов кодирования. Критерий выбора наилучшего варианта в стандарте не определен, а оставлен на усмотрение разработчиков конкретных систем кодирования;
2. HEVC выигрывает по сравнению с ранними стандартами за счет применения блоков кодирования больших размеров (до  $64 \times 64$ ). Но, одним из самых трудоемких для нового стандарта, с вычислительной точки зрения, является этап выбора режима предсказания (более 80% объема вычислений [3]). Для кадров, кодируемых в режиме пространственного предсказания, это выбор одного из 33 угловых режимов или режимов Planar и DC; а для межкадрового предсказания выполняется поиск оптимального разбиения CU на один из восьми доступных режимов PU.

Таким образом, существенное повышение степени сжатия видеоданных в рамках стандарта H.265/HEVC достигается за счет расширения возможностей методов и алгоритмов кодирования видеоданных. Такое расширение тоже является причиной повышения вычислительной сложности процесса кодирования. В дальнейшем исследовании, необходимо разработать быстрые методы и алгоритмы кодирования видеоданных в рамках усовершенствования нового стандарта H.265/HEVC.

### Литература

1. Sullivan G.J., Ohm J.-R., Han W.-J. and Wiegand T. Overview of the High Efficiency Video Coding (HEVC) standard // IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol. – 2012. – V. 22. – № 12. – P. 1648–1667.
2. Jens Rainer Ohm and etc. Comparison of the Coding Efficiency of Video Coding Standards – Including High Efficiency Video Coding (HEVC) // IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol. – 2012. – V. 22. – № 12. – P. 1669–1684.
3. Mateus Grellert and etc. An Adaptive Workload Management Scheme For HEVC Encoding // IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems. – 2010. – V. 21. – № 7. – P. 1850–1854.

УДК 004.672

**АДАПТИВНЫЙ ЦЕЛО-ПИКСЕЛЬНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ДВИЖЕНИЯ  
С МУЛЬТИСЕТОЧНЫМ ШАБЛОНОМ****Нгуен Ван Чыонг<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Университет ИТМО

Работа посвящена усовершенствованию алгоритма быстрой оценки движения для гибридных видеокодеков, который имеет почти такую же производительность, как у алгоритма полного поиска FS. Также обеспечивается балансировка качества работы и скорости поиска. Предложенный алгоритм основан на базе метода UMHexagonS и алгоритма ARPS. Этот алгоритм хорошо игнорирует ложный вектор движения (большая проблема в процессе оценки движения) с помощью локального минимума.

**Ключевые слова:** оценка движения, H.264/AVC, H.265/HEVC, ARPS, UMHexagonS.

**Введение.** Как правило, оценка движения проводится по двум этапам: цело-пиксельная и мелко-пиксельная оценка вокруг точки, полученной после цело-пиксельной оценки движения. Для мелко-пиксельной оценки движения в стандартах H.263, MPEG-1, MPEG-2 и MPEG-4-2, используется 1/2-пиксельная оценка; в форматах MPEG-4 и H.264/AVC [1] принимается 1/4-пиксельная оценка; а в H.265/HEVC применяется 1/8-пиксельная оценка для достижения более точного описания движения [2]. Представленный алгоритм должен удовлетворять следующим требованиям: во-первых, универсальное решение, т.е. результат не должен повредить производительности оригинального кодера, или другими словами, потеря PSNR должна быть как можно меньше по сравнению с алгоритмом Full Search (FS); во-вторых, эффективность выполнения алгоритма должна быть стабильной в широком диапазоне движения и скорости передачи битов.

В данной работе исследован алгоритм, составляющими которого являются алгоритм Unsymmetrical-cross Multihexagon-grid Search (UMHexagonS) и алгоритм (Adaptive Rood Pattern Search) (ARPS).

**Поиск по несимметричным поперечным мультигексагон-сетям (UMHexagonS).** UMHexagonS представляет собой гибридный метод, потому что он включает в себя четыре стадии с различными типами шаблонового поиска [3] (рисунок, а):

- Стадия 1. Предварительное предсказание начальной точки. Пространственное медианное предсказание, предсказание верхнего уровня, предсказание соседнего опорного кадра и временное предсказание используются для прогнозирования текущего вектора движения (MV) блока;
- Стадия 2. Асимметричный перекрестный поиск. За ним следует схема раннего прекращения;
- Стадия 3. Неравномерный поиск с использованием нескольких гексагонов (подстадия 3-1). Два подэтапа включают в себя квадратный шаблон поиска и 16-точечный гексагонный шаблон поиска (подстадия 3-2);
- Стадия 4. Расширенный гексагонный поиск (подстадия 4-1). Два подэтапа включают в себя гексагонный шаблон поиска и ромбический шаблон поиска (малый ромбический шаблон поиска SDSP) (подстадия 4-2). Схема раннего прекращения также применяется в процессе поиска.

Для каждого шага, упомянутого выше, лучшая точка поиска (которая означает точку с минимальной стоимостью до сих пор, сгенерированную предыдущим шагом), используется как центр поиска для текущего шага поиска.

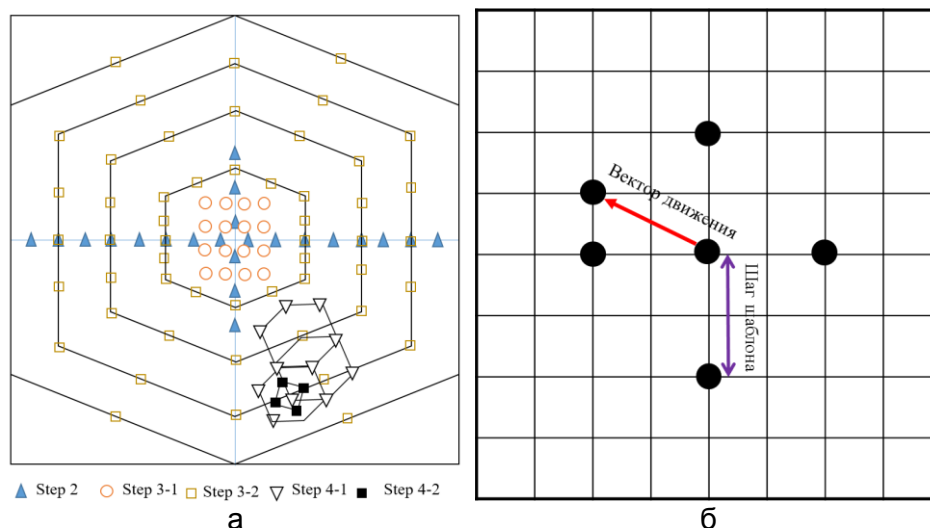


Рисунок. Процесс поиска по алгоритму UMHexagonS,  $W=16$  (а); пример процедуры алгоритма ARPS (б)

**Адаптивный метод поиска шаблона (ARPS).** Алгоритм использует тот факт, что общее движение в кадре, как правило, поступательное, т.е. если блоки вокруг текущего блока двигаются в определенном направлении, то существует высокая вероятность того, что текущий блок также будет иметь подобный вектор движения. Этот алгоритм использует вектор движения блока, находящегося непосредственно слева, для предсказания собственного вектора движения [4, 5].

Данный алгоритм реализуется следующим образом (рисунок, б).

- Стадия 1. Найти предсказанный вектор движения блока. Установить шаг шаблона на значение  $\max(|x|, |y|)$ , где  $(x, y)$  – координаты предсказанного вектора движения. Найти точки вокруг центра, находящиеся на расстоянии шага шаблона от центра. Найти точку с минимальным отклонением, в которую затем переместить центр;
- Стадия 2. Производить поиск по SDSF вокруг точки центра. Повторить поиск по SDSF до того, как точка с минимальным отклонением будет находиться в центре.

С точки зрения объема вычислений ARPS превосходит DS, так как в этом случае предсказанный вектор движения имеет координаты  $(0;0)$ , ARPS сразу переходит к поиску по SDSF (не нужно проводить поиск по LDSF). Тем не менее, если вектор движения находится далеко от центра, то этот алгоритм быстрее переходит к поиску по SDSF, чем алгоритм DS.

**Экспериментальные результаты.** Рассмотренные выше алгоритмы были реализованы и протестированы с несколькими типами видеопоследовательностей, в том числе: определенные последовательности при общем условии, последовательности высоких движений, последовательности HD.

Средний процент уменьшения вычислительной сложности по сравнению с алгоритмом FS показан в таблице для различных типов тестовых видеопоследовательностей.

Таблица. Средний процент уменьшения вычислительной сложности, %

Тип видео	Процент уменьшения вычислительной сложности	
	UMHexagonS	ARPS
Последовательности при общем условии	93,14	33,94
Последовательности высоких движений	91,70	32,52
Последовательности HD	9180	30,18

**Вывод.** В результате проведения экспериментов, можем сделать вывод о том, что предложенный алгоритм UMHexagonS с алгоритмом ARPS показывают очень хорошие возможности в сохранении производительности кодера (средняя потеря PSNR составляет менее 0,056 дБ для всех тестируемых последовательностей с разными движениями различной степени по сравнению с алгоритмом FS). UMHexagonS уменьшает вычислительную сложность более чем на 90% по сравнению с алгоритмом FS для цело-пиксельной оценки. В то время как алгоритм ARPS может сократить примерно 30–50% объема вычислений без какого-либо ухудшения качества.

### Литература

1. Wiegand T., Sullivan G.J., Bjontegaard G., Luthra A. Overview of the H.264/AVC Video Coding Standard // IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol. – 2003. – V. 13(3). – P. 560–576.
2. Sullivan G.J., Ohm J.-R., Han W.-J. and Wiegand T. Overview of the High Efficiency Video Coding (HEVC) standard // IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol. – 2012. – V. 22. – № 12. – P. 1648–1667.
3. Chen Z. et al. Fast integer-pel and fractional-pel motion estimation for H. 264/AVC // J. Vis. Commun. Image Represent. – 2006. – V. 17.2. – P. 264–290.
4. Нгуен В.Ч., Тропченко А.А. Иерархический адаптивный алгоритм шаблонного поиска для оценки движения при анализе видеопоследовательности // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2016. – Т. 16. – № 3(103). – С. 474–481.
5. Yao N. Adaptive Rood Pattern Search For Fast Block-Matching Motion Estimation / Yao Nie, Kai-Kuang Ma // IEEE Transactions on Image Processing. – 2002. – V. 11. – № 12. – P. 1442–1449.

### УДК 65.01

#### СУЩНОСТЬ КОНТРОЛЛИНГА КАК ИННОВАЦИОННОГО МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИЕЙ

Недопекина Н.В.<sup>1</sup>

Научный руководитель – к.э.н., доцент Мишура Л.Г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе рассмотрены терминология, основные функции, а также концепции контроллинга, сформулированы ключевые отличия контроллинга от управленческого учета. Проанализированы информационная, инструментальная и методическая базы поддержки принятия управленческих решений, представлена их классификация. Определена цель внедрения системы контроллинга в процесс управления предприятием, выявлены преимущества данного внедрения как инновационного механизма.

**Ключевые слова:** контроллинг, инновации, механизм управления, управленческий учет, концепции контроллинга.

В связи с влиянием внешних и внутренних факторов предприятие сталкивается с повседневными проблемами, среди которых учет, контроль и анализ деятельности. Внедрение в существующую систему управления подсистемы контроллинга значительно ускоряет процесс решения данных проблем, что позволяет повысить конкурентоспособность предприятия и увеличить прибыльность.

Экономический смысл контроллинга заключается в наблюдении и управлении. Функциями системы контроллинга являются планирование, регулирование, контроль и корректировка деятельности предприятия.

В зарубежных странах, таких как Великобритания и США, термин «контроллинг» заменен на «управленческий учет», однако в России, из-за различной трактовки данных понятий, используются оба термина [1]. Основные отличия заключены в трех аспектах:

1. осуществление функций контроллинга направлено на развитие предприятия в долгосрочной перспективе, тогда как управленческий учет сконцентрирован на текущем состоянии;
2. система контроллинга учитывает и анализирует влияние на производственную деятельность предприятия как внутренних факторов, так и факторов внешней среды, тогда как управленческий учет анализирует только текущее состояние внутренней среды;
3. одно из направлений контроллинга заключается в совершенствовании и внедрении новых методов анализа, прогнозирования, планирования, тогда как управленческий учет использует лишь существующие методики.

Понятие «контроллинг» отождествляется с функциями контроля и ревизии, отдельные специалисты идентифицируют контроллинг с бюджетированием [2]. Но для полноты понимания данного термина необходимо рассмотреть группы концепций контроллинга, основные из которых представлены в таблице.

Таблица. Функции основных концепций контроллинга

Концепции контроллинга	Основные функции контроллинга
Ориентированные на информацию	Информационное обеспечение управления организацией
Ориентированные на координацию	Координация подсистем планирования, информационного обеспечения и контроля для согласования и решения поставленных задач
Ориентированные на учет	Организация на базе производственного учета системы информационной поддержки управления, связанного с планированием и контролем деятельности предприятия

Из приведенной таблицы видно, что система контроллинга призвана обеспечить информационную, инструментальную и методическую базу поддержки принятия управленческих решений.

Информационная база контроллинга состоит из показателей, отражающих степень удовлетворенности потребителей, а также производственного и финансового учета.

Инструментальная база контроллинга классифицируется исходя из двух критериев [3]:

1. область применения: в учете – система управленческой отчетности, в том числе показатели управленческого учета; в организации потоков информации – система документооборота; в планировании – анализ точки безубыточности, анализ скидок, функционально-стоимостной анализ, SWOT-анализ, анализ жизненного цикла продукции и т.д.; в мониторинге и контроле – контроль соответствия фактических и плановых показателей, анализ издержек;
2. период действия: в стратегическом контроллинге – анализ внешней и внутренней среды, анализ конкуренции, «портфельный анализ», анализ потенциала и т.д.; в оперативном контроллинге – анализ оптимального объема заказов, методы расчета инвестиций, анализ областей сбыта и т.д.

Методическая база контроллинга включает в себя экстраполяционные методы – сопоставление плановых величин с фактическими показателями; системный и комплексный подходы; моделирование; статистический анализ.

Цель внедрения в процесс управления системы контроллинга состоит в получении комплексной информации, способной обеспечить должное управление, направленное на развитие деятельности организации. На практике информационная поддержка

контроллинга чаще всего сопровождает этап бюджетирования, учет фактических показателей и их отклонение от плановых значений, а также анализ данных отклонений.

Рассматривая сущность контроллинга как инновационного механизма управления организацией необходимо подчеркнуть:

1. развитие контроллинга – инновационного механизма управления предприятием как экономической системой – было обусловлено необходимостью в объединении подходов к управлению бизнес-процессами [4];
2. вариативность трактовки термина «контроллинг» и его функций является показателем интенсивного развития системы контроллинга в сфере теоретического и практического управления предприятием;
3. анализ отечественной литературы по вопросу сущности контроллинга позволяет выделить следующие его функции: учет, планирование, контроль и регулирование, информационное обеспечение, анализ полученных данных;
4. в современных условиях динамично развивающегося рынка инноваций внедрение в систему управления подсистемы контроллинга способствует росту конкурентоспособности предприятия за счет планирования, информирования и координации действий персонала предприятия, направленных на минимизацию отклонений от плановых параметров, а также достижение поставленных целей в максимально короткий срок.

### Литература

1. Боргардт Е.А., Вишнякова М.В. Система контроллинга как современная концепция управления // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2015. – № 1(31). – С. 78–86.
2. Филько И.В., Филько С.В. Анализ подходов к содержанию контроллинга // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2014. – № 4. – С. 72–77.
3. Лишак Ю.Л. Инструментальная база контроллинга // Вестник Московского государственного университета печати. – 2012. – № 5. – С. 183–186.
4. Алексеенко А.М. Контроллинг в современных условиях управления предприятием // Транспортное дело России. – 2011. – № 3. – С. 103–104.

УДК 339.543

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ И ПРАКТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТАМОЖЕННЫХ ОРГАНОВ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ

Николаев А.С.<sup>1</sup>

Научный руководитель – Озолинг А.Е.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе рассмотрены основные этапы формирования современной системы управления рисками, которую используют таможенные службы в разных странах мира, дана оценка текущему состоянию развития отечественной системы управления рисками с учетом рекомендаций Всемирной таможенной организации и выделены основные направления совершенствования деятельности Федеральной таможенной службы России в сфере управления таможенными рисками.

**Ключевые слова:** система управления рисками, Всемирная таможенная организация, Федеральная таможенная служба, риск-менеджмент, таможенные риски.

Деятельность таможенных органов тесно связана с повышенными рисками. От эффективности деятельности таможенных органов зависит полнота поступления в государственный бюджет доходов от внешнеэкономической деятельности и национальная безопасность страны в части противодействия торговли запрещенными

товарами, отмыванию доходов и вывоза капиталов, и международному терроризму. Однако развитие мировой торговли и ускорение процессов международной торговли товарами требует максимального ускорения совершения таможенного контроля, и таможенные органы оказываются в ситуации, когда необходимо ускорить проведение всех контрольных мероприятий без снижения их результативности. Решением данной проблемы стало развитие системы управления рисками (СУР).

Применение СУР является важным инструментом по выявлению и предотвращению таможенных правонарушений и преступлений. СУР – это современная система таможенного администрирования, основанная на принципах выборочности таможенного контроля. СУР повышает качество принимаемых решений и эффективность использования материально-технических средств, имеющихся в распоряжении таможенных органов. Так, в настоящее время выбор и применение форм таможенного контроля осуществляется должностными лицами таможенных органов на основании сведений, содержащихся в профиле риска. Постоянное изменение внешней среды требует проведения постоянного мониторинга за областями риска. Вот почему вопросы, связанные с совершенствованием применения СУР включаются в повестку дня заседаний коллегий и совещаний на разных уровнях системы таможенных органов.

Современная СУР функционирует с помощью автоматизированных программных средств, которые на основе алгоритмов в массиве данных о товарах, транспортных средствах, перемещаемых через таможенную границу и лицах, пересекающих таможенную границу, выбирают поставки товаров с наибольшим уровнем риска. Информация об уровне, области риска и необходимых для проведения мер по их минимизации содержится в профиле риска. Профиль риска является электронным документом, определяющим параметры, согласно которым к определенному товару следует применить ту или иную форму таможенного контроля, например, таможенный осмотр или таможенный досмотр. Применение СУР сегодня основано на реализации принципа выборочности таможенного контроля. Это означает, что к товарам, в отношении которых не выявлено срабатывание профиля риска, будет применяться упрощенный контроль в документальной форме. Данный механизм позволяет минимизировать временные затраты и повысить эффективность таможенного контроля [1].

СУР базируется на существующих стандартах ISO в области риск-менеджмента, которые предполагают смещение акцента с функции по выявлению конкретного риска на деятельность по прогнозированию развития рисков ситуации. Основываясь на данной методике и рекомендациях Всемирной таможенной организации (ВТМО) таможенные службы в разных странах мира создают в своей структуре национальные и региональные центры по мониторингу рисков ситуаций и оперативному управлению рисками [2].

Так, например, Национальное управление сбора данных и таможенных расследований таможенной службы Франции аккумулирует данные исключительно о возможных нарушениях в крупном размере, которые могут повлечь существенный ущерб национальной безопасности страны. Специалисты центра анализируют поступающую в режиме реального времени информацию и на ее основе выносят решения, обязательные для исполнения на местах. При этом источниками информации являются не только сами таможенные документы, но и сведения, полученные из открытых источников, сети Интернет, а также по международным каналам связи [3].

Принцип разделения данных на группы реализован в таможенных службах Нидерландов, США и Китая. В Нидерландах данные группируются по видам транспортного средства на границе, затем она проходит форматно-логический контроль и разделяется на группы по уровню риска, который маркируется согласно цветовой шкале. Интеллектуальная самообучаемая система выделяет наиболее вероятные пути совершения различных правонарушений и преступлений, отслеживает и проверяет на

оптимальность маршруты перевозок, выделяя подозрительные задержки на разных этапах цепи поставок. Персонал аналитических центров, исходя из имеющихся данных, выбирает оптимальную форму таможенного контроля, которую будут применять на местах. Реализация автоматизированной централизованной обработки информации снижает риски принятия неверных решений в условиях действия человеческого фактора.

Похожие технологии управления рисками сегодня реализуются в Федеральной таможенной службе (ФТС) России. В 2016 году функции упраздненного Управления рисками и оперативного контроля были переданы Аналитическому управлению. Приоритет аналитической деятельности в СУР ФТС России нашел свое отражение в создании внештатных Региональных центров оперативного мониторинга и управления рисками. Однако продолжает функционировать прежняя иерархия СУР, в которой создание профилей риска происходит согласно иерархии таможенных органов: целевые и зональные риски разрабатывают в структурных подразделениях таможни, региональные риски в отделах региональных таможенных управлений (РТУ), а общероссийские и правоохранительные – на уровне ФТС России. Возможно, центры решают оперативные правоохранительные задачи, однако не сформированы механизмы взаимодействия центров между собой. В таможенных службах стран ЕС, Китае и США подобные центры объединены неким единым органом, в котором аккумулируются данные и который принимает решения и издает профили риска. Сотрудники таможенных органов не информированы о деятельности Региональных центров и об их полномочиях, поэтому не ясно, могут ли Региональные центры самостоятельно издавать профили риска, или в их сферу компетенции будет входить только разработка целевых методик (SQL-запросов) для выявления рисков. Среди основных проблем взаимодействия таможенных органов в СУР важную роль играет длина цепочки согласований и утверждений проектов профилей. Какое место в данной системе займет институт региональных центров пока не ясно, так как реализация программы, определяющей новый порядок категорирования участников внешнеэкономической деятельности в рамках субъектно-ориентированного подхода, назначена на первую половину 2017 года. Сегодня СУР является основным инструментом реализации Продовольственного эмбарго и других мер защиты внутреннего рынка Российской Федерации (РФ). Переходный период в развитии СУР ФТС России дает возможность привести действующую систему в соответствие мировым стандартам, однако создает риски формирования дополнительной недостаточно эффективной структурной единицы таможенных органов РФ.

Для полномасштабного внедрения автоматических профилей риска необходимо развитие практики применения семантических индикаторов риска, под которыми понимаются значения, полученные по результатам семантического анализа текстовых полей объекта контроля. Семантические индикаторы выявляют возможные нарушения исходя из описания товара по декларации на товары (ДТ), сопоставляя эту информацию с другими сведениями. Несмотря на то, что семантические индикаторы упоминаются в Приказе № 1000, их практическое применение пока затруднено ввиду отсутствия стандартизованного подхода к описанию товаров. В разных нормативных документах существуют различные подходы к описанию товаров, часто они не соответствуют описаниям в ТН ВЭД ЕАЭС. Без применения семантических индикаторов не будет эффективно применяться автоматические профили риска по направлению классификации товаров и соблюдения запретов и ограничений, где требуется проведение анализа наименования и описания товаров. Сегодня данный анализ проводят должностные лица таможенных органов с использованием справочной информации и личного опыта, что делает решения субъективными. По мнению участников научно-практической конференции на тему «СУР в таможенном деле:



тенденции и перспективы», прошедшей в Санкт-Петербурге в марте 2016 г. семантические индикаторы риска могут применяться в рамках контроля таможенной стоимости и контроля соблюдения законодательства в сфере защиты объектов интеллектуальной собственности [4].

Препятствием на пути применения СУР в рамках системы предварительного информирования также является отсутствие каких-либо санкций, которые можно было бы применять к участнику внешнеэкономической деятельности в случае выявления недостоверных сведений о товаре, заявленных при предварительном информировании. В связи с этим необходимо разрабатывать специальные профили риска для проверки предварительной информации, так как в качестве мер по минимизации риска может быть использованы только запрос дополнительных документов и сведений и их проверка. При этом необходимо соблюсти баланс интересов, чтобы обилие проверочных мероприятий при предварительном информировании не стало причиной для отказа участников внешнеэкономической деятельности от применения данной таможенной операции.

Сегодня автоматический выпуск ДТ может быть реализован только при попадании участника внешнеэкономической деятельности в «зеленый сектор». Так как в этом случае меры по минимизации риска в отношении поданных им ДТ проводятся по принципу «контроль проводится в отношении каждой  $N$ -ой декларации на товары», где  $N$  зависит от степени надежности участника внешнеэкономической деятельности. Во всех остальных случаях автоматическая проверка ДТ на наличие рисков возможна только при условии широкого применения программных средств интеллектуального анализа уровня риска. Кроме того, требуется постоянное совершенствование программного обеспечения СУР, так как нарушения в работе автоматизированных систем таможенных органов могут привести к задержкам при принятии необходимых управленческих решений. Также необходимо поддерживать информационную безопасность, чтобы защитить от несанкционированного доступа сведения об областях и индикаторах риска [5].

Развитие СУР в условиях ускорения сроков выпуска товаров сегодня базируется на применении передовых информационных таможенных технологий с целью минимизации человеческого фактора. Однако внедрение программных средств интеллектуальной оценки рисков в среднесрочной перспективе возможно только в рамках пилотных зон. Исходя из этого, важным фактором развития СУР остается совершенствование нормативно-правовой базы в части упрощения взаимодействия между всеми субъектами управления СУР и четкого разграничения компетенций. А также повышение числа квалифицированных специалистов в функциональных подразделениях таможенных органов, способных проводить аналитическую деятельность для формирования проектов профилей риска разного уровня применения, от целевых профилей риска до общероссийских профилей риска. Развитие системы Региональных центров оперативного мониторинга и управления рисками и совершенствование программных средств помогут СУР быстрее адаптироваться к изменениям внешней среды и эффективно противодействовать всем глобальным вызовам для обеспечения национальной безопасности страны [6, 7].

### Литература

1. WCO Customs Risk Management Compendium. – V. 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.wcoomd.org/en/topics/wco-implementing-the-wto-atf/atf/~media/WCO/Public/Global/PDF/Topics/Enforcement%20and%20Compliance/Activities%20and%20Programmes/Risk%20Management%20and%20Intelligence/Volume%201.ashx>, своб.

2. Рамочные стандарты безопасности и облегчения мировой торговли Всемирной таможенной организации: офиц. перевод. – Азербайджан, 2012. – 31 с.
3. Data analysis: seizing opportunities for effective border management. By Dr. Kunio Mikuria, Secretary General, World Customs Organization. WCO news. – 2017. – № 82. – P. 6–9.
4. Приказ Федеральной таможенной службы России от 20.05.2016 № 1000 «Об утверждении «Инструкции о действиях должностных лиц таможенных органов при реализации системы управления рисками».
5. Приказ Федеральной таможенной службы России от 02.12.2016 № 2270 «О показателях результативности деятельности, показателях эффективности деятельности и индикативных показателях Региональных таможенных управлений и таможен, непосредственно подчиненных ФТС на 2017 г.».
6. Приказ Федеральной таможенной службы России от 18.07.2014 № 1385 «О решении коллегии ФТС России от 29.05. 2014 «О современном состоянии и перспективах развития системы управления рисками в таможенных органах Российской Федерации».
7. Распоряжение Правительства РФ от 28.12.2012 № 2575-р «О Стратегии развития таможенной службы Российской Федерации до 2020 года».

УДК 004.912

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ КЛАССИФИКАЦИИ И ФОРМ  
ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ АВТОМАТИЧЕСКОГО  
АНАЛИЗА ТОНАЛЬНОСТИ КОРОТКИХ ТЕКСТОВ**

Нугманова А.А.<sup>1</sup>

Научный руководитель – к.т.н., доцент Затворницкий А.П.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе представлен сравнительный анализ четырех методов определения тональности коротких текстов на русском языке: классической модели, основанной на представлении TF-IDF, совместно с классификатором SVM, классификатора FastText и двух классификаторов, основанных на рекуррентных нейронных сетях. Описан процесс подбора параметров моделей, приведены базовые результаты, полученные на валидационной и тестовой выборках.

**Ключевые слова:** анализ тональности, TF-IDF, FastText, RNN, Attention, Machine Learning.

**Введение.** В наши дни достаточно популярной темой для исследований является анализ тональности текстов [1–3]. Он позволяет определить эмоциональную оценку, данную автором текста, по отношению к объектам, о которых в тексте идет речь.

В работе [4] авторами описаны процессы построения классического классификатора, основанного на представлениях TF-IDF и алгоритма FastText, который активно применяется для классификации текстов [4, 5]. В данной работе описаны два механизма, основанных на рекуррентных нейронных сетях (RNN), которые показали хорошие результаты при классификации англоязычных текстов [6]. Для сравнения данных алгоритмов были проведены эксперименты на базе русскоязычных твитов, размеченных вручную на три класса: позитивный, негативный и нейтральный.

**Описание алгоритмов.** RNN стали активно использоваться в решении различных задач, связанных с обработкой текстов благодаря тому, что они не только позволяют учитывать каждое слово в предложении в отдельности, но и учитывать контекст. На рис. 1 схематично представлена работа RNN.

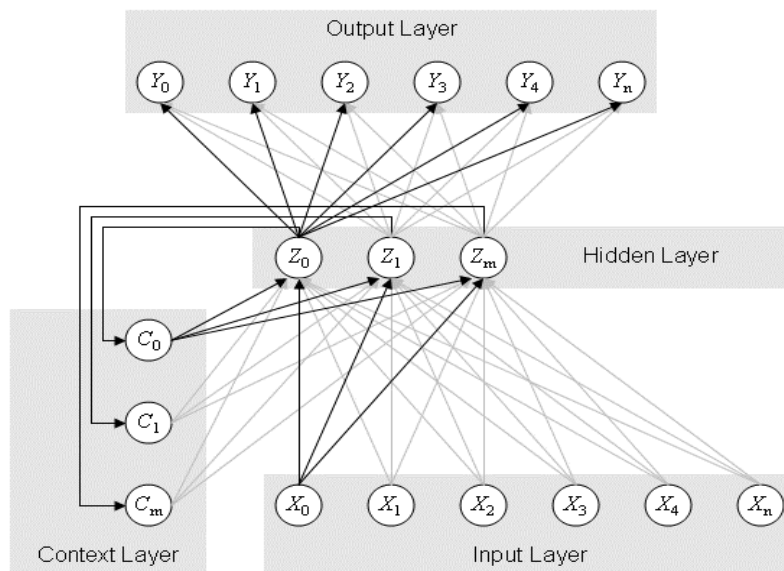


Рис. 1. Рекуррентная нейронная сеть

**RNN+attention.** Добавление в рекуррентную сеть механизма внимания помогает учитывать семантику и структуру документа. Так, например, в [6] внимание учитывается как на уровне слов, чтобы учесть, какое из слов в предложении имеет большую ценность, так и на уровне предложений, чтобы учесть, какие из них лучше отображают процесс классификации. Схематично данная модель представлена на рис. 2. В данном случае учитывается структура предложения посредством составления матрицы  $A$  (1)

$$A = \text{softmax}(W_{s2} \tanh(W_{s1} H^T)),$$

где  $W_{s2}$  – матрица весов первого слоя;  $W_{s1}$  – матрица весов второго слоя;  $H^T$  – транспонированная матрица результатов скрытого слоя.

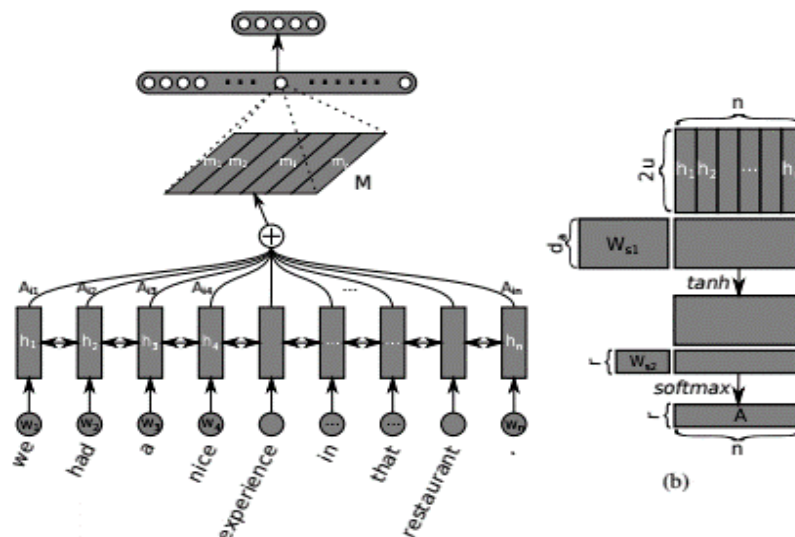


Рис. 2. Рекуррентная нейронная сеть с механизмом внимания

**Dataset.** В работе использовались данные, представленные в [7]. Данные представляют собой коллекцию твитов с ручной экспертной разметкой на три класса: негативный, нейтральный, позитивный. Общий объем данных в исходной коллекции составлял 107 тыс. твитов, но поскольку часть твитов со временем были удалены, в данной работе объем данных составил 24 тыс. русскоязычных твитов (7512 негативных, 9975 нейтральных, 6931 позитивных).

Для обучения, настройки параметров модели и тестирования данные делились на обучающую, валидационную и тестовую выборку в соотношении 80/10/10.

При разметке данных в [7] также была проведена работа по оценке уровня собственного соглашения аннотатора, для этого часть твитов дублировалась и была размечена заново, после чего по формуле подсчитывался коэффициент соглашения  $\alpha$  (доля твитов, для которых оценка совпала). Для использовавшихся русскоязычных данных  $\alpha=0,782$ .

Для удаления конфликтных ситуаций, когда твиты имеют разную оценку, была принята следующая схема, описанная в [7]:

- твит, имеющий негативную и позитивную оценку, отмечался нейтральной;
- твит, имеющий нейтральную и позитивную оценку, отмечался позитивной;
- твит, имеющий негативную и нейтральную оценку, отмечался негативной.

**Предобработка данных.** На этапе предобработки данных в первую очередь твиты представлялись в виде последовательности слов (токенизация), удалялись смайлы, специальные символы и знаки препинания, в качестве допустимых символов оставались буквы английского и русского алфавита. В данной работе нормализация слов при обработке русскоязычных текстов дала хорошие результаты, поэтому каждое слово также приводилось к начальной форме.

**Настройка параметров модели.** Для проведения экспериментов была реализована программа на языке Python с использованием библиотек SKLearn (для реализации модели основанной на TF-IDF+SVM) и FastText. При составлении признакового пространства учитывались все уникальные униграммы и биграмы. Для настройки основных параметров моделей использовался валидационный сет. Все параметры классификатора подбирались на нем, после чего модель тестировалась на контрольной выборке.

Для метода опорных векторов в качестве итоговых параметров приняты: линейное ядро, регулирующий параметр  $C=0,5$ .

Для TF-IDF: параметр, определяющий минимальную частоту слова в текстах коллекции, при которой данное слово попадает в словарь = 5.

Для FastText: размерность векторного пространства = 30, размер контекстного окна = 5, коэффициент скорости обучения = 0,1.

Для RNN: ядро GRU, скорость обучения 0,001, размер скрытого слоя = 64, размер батча = 64.

Механизм внимания: размер окна = 10.

**Результаты.** После проведения экспериментов производилась оценка точности классификации. Для этого вычислялось значение Accuracy как отношение числа верно классифицированных текстов к общему числу документов в коллекции. После настройки параметров модели значения Accuracy на тестовой и валидационной выборке представлены в табл. 1. Значения точности ( $P$ ), полноты ( $R$ ) и  $F$ -меры ( $F$ ) отдельно для каждого из классов представлены в табл. 2.

Таблица 1. Точность классификации на тестовой и валидационной выборке

Model	Accuracy val, %	Accuracy test, %
TF-IDF + LinearSVM	54,8	54,4
FastText	63,4	61,6
RNN	64,7	62,0
RNN + Attention	64,8	62,2

Таблица 2. Точность ( $P$ ), полнота ( $R$ ) и  $F$ -мера ( $F$ ) для каждого класса

Model	Positive			Negative			Neutral		
	$P$	$R$	$F$	$P$	$R$	$F$	$P$	$R$	$F$
TF-IDF + LinearSVM	0,59	0,43	0,51	0,54	0,54	0,54	0,53	0,63	0,57
FastText	0,61	0,71	0,66	0,54	0,60	0,57	0,67	0,56	0,62
RNN	0,65	0,75	0,64	0,56	0,63	0,56	0,70	0,56	0,65
RNN + Attention	0,65	0,76	0,67	0,55	0,65	0,57	0,71	0,57	0,67

**Заключение.** В работе представлены четыре метода классификации текстов по тональности. Приведены базовые результаты, полученные после обработки текста и минимальной настройки основных параметров моделей. После проведенных экспериментов, классификатор, основанный на SVM, оказал результаты значительно ниже, чем современные методы, основанные на FastText и нейронных сетях с механизмом внимания. При этом нейронные сети на рассмотренной выборке показали себя лучше FastText. Механизм внимания также дал прирост в качестве по сравнению с простыми нейронными сетями [8–10].

### Литература

1. Mäntylä M.V., Graziotin D., Kuutila M. The Evolution of Sentiment Analysis-A Review of Research Topics, Venues, and Top Cited Papers [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1612/1612.01556.pdf>, своб.
2. Kaya H., Karpov A.A., Salah A.A. Robust acoustic emotion recognition based on cascaded normalization and extreme learning machines // International Symposium on Neural Networks. – 2016. – P. 115–123.
3. Ткачя А.В., Давыдов А.Г., Киселёв В.В., Хитров М.В. Классификация эмоционального состояния диктора с использованием метода опорных векторов и критерия Джини // Изв. вузов. Приборостроение. – 2013. – Т. 56. – № 2. – С. 61–66.
4. Нугманова А.А., Затворницкий А.П. Сравнительный анализ алгоритмов классификации и форм представлений для решения задачи автоматического анализа тональности коротких текстов // Сб. тезисов докладов Конгресса молодых ученых. Электронное издание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://openbooks.ifmo.ru/ru/file/6158/6158.pdf>, своб.
5. Joulin A., Grave E., Bojanowski P., Mikolov T. Bag of tricks for efficient text classification [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/1607.01759.pdf>, своб.
6. Lin Z., Feng M., Santos C.N. dos, Yu M., Xiang B., Zhou B., Bengio Y. A Structured Self-Attentive Sentence Embedding [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/1703.03130.pdf>, своб.
7. Mozetič I., Grčar M., Smailović J. Multilingual Twitter sentiment classification: The role of human annotators // PloS one. – 2016. – V. 11. – № 5. – P. e0155036.
8. Gunn S.R. et al. Support vector machines for classification and regression // ISIS technical report. – 1998. – V. 14. – P. 85–86.
9. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/facebookresearch/fastText/blob/master/pretrained-vectors.md>, своб.
10. Yang Z., Yang D., Dyer C., He X., Smola A., Hovy E. Hierarchical Attention Networks for Document Classification [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.researchgate.net/profile/Xiaodong\\_He2/publication/305334401\\_Hierarchical\\_Attention\\_Networks\\_for\\_Document\\_Classification/links/57ab9bb208ae3765c3b7818b/Hierarchical-Attention-Networks-for-Document-Classification.pdf?origin=publication\\_detail](https://www.researchgate.net/profile/Xiaodong_He2/publication/305334401_Hierarchical_Attention_Networks_for_Document_Classification/links/57ab9bb208ae3765c3b7818b/Hierarchical-Attention-Networks-for-Document-Classification.pdf?origin=publication_detail), своб.

УДК 535.651

## ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОТОМЕТР-КОЛОРИМЕТР НА ОСНОВЕ ДВУХПОЛОСТНОЙ ИНТЕГРИРУЮЩЕЙ СФЕРЫ

Однороченко П.В.<sup>1</sup>Научный руководитель – д.т.н., профессор Яськов А.Д.<sup>1</sup><sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе представлен фотометр-колориметр для исследования цветовых параметров объектов в отраженном и проходящем свете. Приведена его структурная схема, методика калибровки. Сходимость данных координат цвета, измеренных при помощи фотометра-колориметра, и данных, полученных из спектров отражения, находится в пределах  $\Delta R, G, B=3,1$ .

**Ключевые слова:** колориметрия, колориметрические приборы, интегрирующая сфера, координаты цвета, цветовая таблица.

Определение цветовых параметров объектов имеет существенное значение для различных областей науки и техники. В нефтехимической промышленности по цвету нефти на первых этапах ее переработки можно определить плотность [1]. В пищевой промышленности по цвету сахара можно судить о его качестве, наличии красящих веществ [2]. В области эстетической стоматологии цвет имеет важное значение для имитации эстетических параметров зуба [3]. В связи с этим представляет интерес разработка фотометра-колориметра на основе двухполостной интегрирующей сферы, которая позволяет одновременно определять спектральные зависимости коэффициента отражения и пропускания исследуемого образца.

На рис. 1, а, приведен внешний вид разработанного фотометра-колориметра, на рис. 1, б, – его структурная схема.

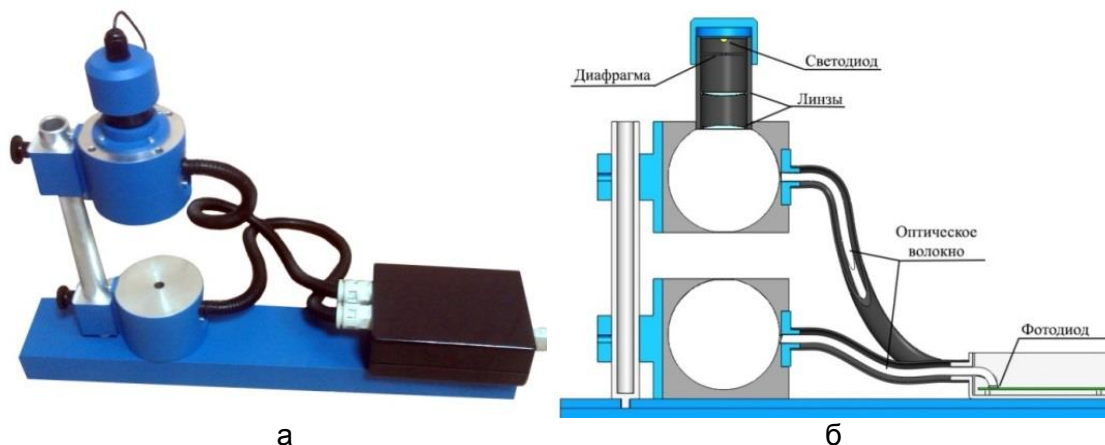


Рис. 1. Оптико-электронный фотометр-колориметр: внешний вид (а); структурная схема (б)

Основными частями прибора являются:

1. осветитель;
2. две интегрирующие сферы;
3. блок сбора обработки данных.

В осветителе прибора используется светодиод. Интегрирующие сферы изготовлены в виде двух полусфер и имеют схожие геометрические размеры:

- диаметр внутренней полости сфер: 70 мм;
- диаметр люка для установки образца: 10 мм.

Для равномерного распределения падающего излучения внутри сфер, внутренняя поверхность сфер покрыта краской в несколько слоев на основе сульфата бария. После нанесения краски коэффициент отражения внутренней поверхности интегрирующих сфер составляет 95–98% во всем интересующем диапазоне длин волн  $\lambda=380\text{--}760$  нм.

Исследуемый образец помещается между двумя сферами. Регистрируемое отраженное или проходящее излучение посредством оптических волокон передается на RGB-фотодиоды, которые установлены в блоке сбора, обработки данных. Сигналы с RGB-фотодиодов обрабатываются и передаются на персональный компьютер в виде числовых значений координат цвета в системе XYZ или RGB.

Калибровка прибора предполагает измерение уровней «0%» и «100%» отражения и пропускания, а также калибровку RGB-каналов фотодиодов. Измерение уровней «0%» и «100%» отражения и пропускания проводится по схеме, представленной на рис. 2.

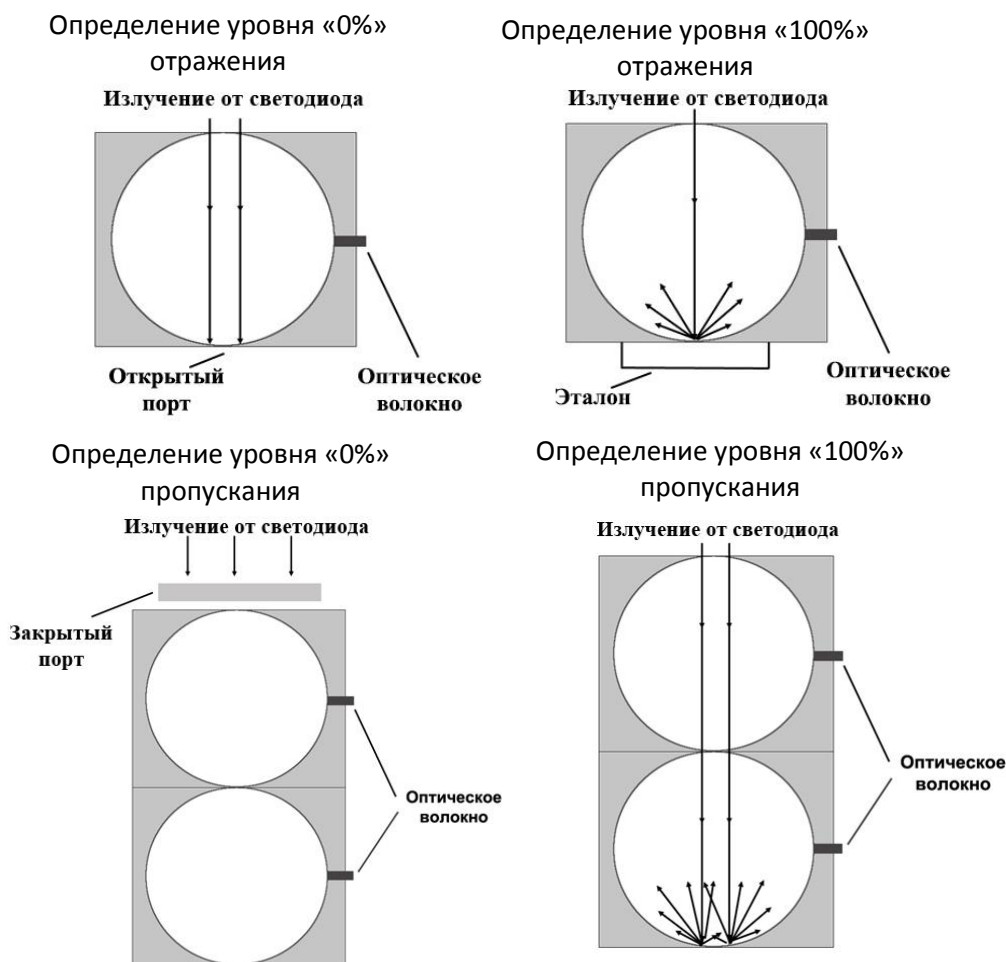


Рис. 2. Схематическое положение сфер при калибровке фотометрической шкалы

При калибровке уровней «0%» и «100%» отражения предполагается использование только верхней сферы, при калибровке уровней «0%» и «100%» пропускания используются обе интегрирующие сферы. При определении уровня «100%» отражения в качестве эталона используется стекло МС-20. Стоит отметить, что при калибровке уровня «100%» пропускания важно обеспечить концентричность двух сфер во избежание ошибки измерения.

После измерения уровней «0%» и «100%» отражения и пропускания, результирующие коэффициенты отражения и пропускания исследуемого образца рассчитываются по формулам:

$$R = r_{\text{std}} \cdot \frac{R_{\text{обр.}} - R_{0\%}}{R_{100\%} - R_{0\%}}, \quad (1)$$

$$T = \frac{T_{\text{обр.}} - T_{0\%}}{T_{100\%} - T_{0\%}}, \quad (2)$$

где  $r_{\text{std}}$  – коэффициент отражения эталона (стекло МС-20);  $R_{\text{обр.}}$ ,  $T_{\text{обр.}}$  – измерение коэффициентов отражения и пропускания образца.

Методика калибровки RGB-каналов фотодиодов состоит в соотношении координат цвета, рассчитанных на основании спектров отражения/пропускания эталонов, с сигналами соответствующих фотодиодов.

На данный момент представляется возможным калибровка каналов фотодиода, работающего на отражение от образца. При этом в качестве эталонов, используемых при калибровке, были использованы мишени из специальной цветовой таблицы ColorChecker, представленной на рис. 3. Данная таблица применяется для калибровки цветопередачи электронных устройств. Таблица содержит 24 цвета: 18 цветных образцов и 6 образцов ахроматического цвета.

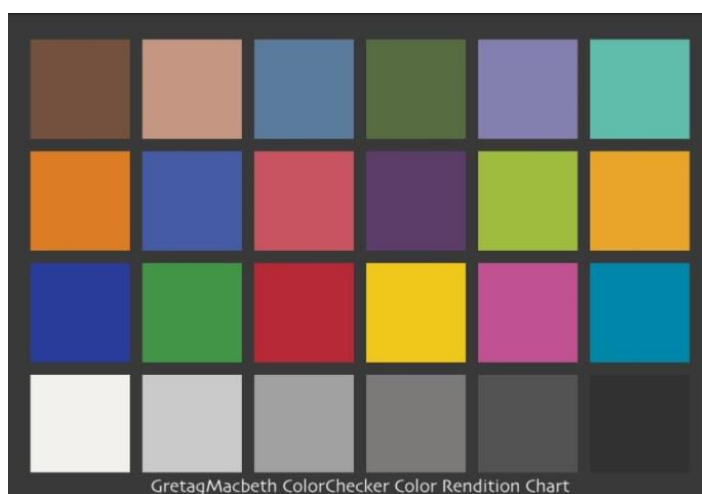


Рис. 3. Цветовая таблица GretagMacbeth ColorChecker

В общем случае, для соотношения координат цвета мишеней цветовой таблицы и сигналов фотодиода необходимо найти матрицу пересчета, значения которой рассчитываются по формуле:

$$\mathbf{M} = \mathbf{X} \cdot \mathbf{T}^{-1}, \quad (3)$$

где  $\mathbf{X}$  – матрица координат цвета мишеней цветовой таблицы;  $\mathbf{T}$  – матрица сигналов фотодиода для каждой из мишени.

По результатам калибровки, сходимость данных координат цвета, измеренных при помощи фотометра-колориметра и данных, полученных из спектров отражения, находится в пределах  $\Delta R, G, B=3,1$ , что удовлетворяет большинству применений колориметрических приборов.

### Литература

1. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа: уч. пособие для вузов. – Уфа: Гилем, 2002. – 672 с.
2. ГОСТ 31361-2008. Сахар белый. Технические условия. – Минск: Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2008. – 25 с.
3. Ryan E-A., Tam L.E., McComb D. Comparative translucency of esthetic composite resin restorative materials [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.jcda.ca/article/a84>, своб.



УДК 004.056.53

**КОНТРОЛЬ ДЕЙСТВИЙ И УСЕЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ  
ПРИВИЛЕГИРОВАННЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ**Осадчая Т.С.<sup>1</sup>Научный руководитель – д.т.н., профессор Щеглов А.Ю.<sup>1</sup><sup>1</sup>Университет ИТМО

Работа посвящена решению задачи по усечению возможностей по администрированию и контролю действий привилегированных пользователей. Рассмотрен подход, основанный на разрешении доступа к защищаемому объекту файловой системы или реестра, только соответствующей библиотеке, которая включает в себя интерфейс настройки. При реализации данного подхода возможности привилегированного пользователя определяются системой защиты.

**Ключевые слова:** привилегированные пользователи, инсайдеры, администратор безопасности, иерархия администраторов, контроль доступа, контроль действий, права доступа, усечение возможностей пользователей по администрированию.

**Введение.** В настоящее время организация защиты от действий внутренних пользователей – инсайдеров – является одной из наиболее обсуждаемых тем в области информационных технологий, посвященных защите от угроз информационной безопасности. Причинами ее актуальности являются наблюдаемая тенденция перевода документов в электронный вид и высокая вероятность того, что наемный сотрудник может стать потенциальным нарушителем, поскольку он обрабатывает не собственную информацию.

Согласно общемировой статистике, около 80% всех инцидентов безопасности происходит по вине внутренних пользователей [1]. При этом наибольшую опасность представляют злоумышленники, являющиеся привилегированными пользователями, так как они имеют широкий доступ к критически важным приложениям, ключевым системам и информации [2]. Данные пользователи могут быть как внутренними системными администраторами, так и внешними поставщиками услуг, ответственными за удаленное управление или обслуживание информационных систем.

Основными характеристиками пользователей, имеющих повышенные привилегии, являются:

- наличие широкого доступа к критически важным приложениям, ключевым системным настройкам и информации;
- наличие возможности скрыть следы своей деятельности;
- возможность знакомства с мерами и средствами информационной безопасности организации и, при желании, обхода используемой системы защиты от несанкционированного доступа.

Также необходимо отметить, что особенностью построения современных операционных систем является то, что все привилегированные пользователи обладают одинаковыми привилегиями.

В связи с этим задача используемых средств защиты состоит в контроле и воздействии на права привилегированных пользователей с целью снижения вероятности осуществления ими инсайдерской атаки.

Существующие в настоящее время решения, посвященные контролю действий привилегированных пользователей, реализуются внешними средствами. В первую очередь они ориентированы на задачи контроля привилегированных пользователей [3, 4]. Принципы контроля привилегированных пользователей представляют собой проверку и подтверждение полномочий привилегированных пользователей, выявление их подозрительной активности с помощью регистрации всех действий, уведомление

ответственных лиц о такой активности и при необходимости принудительный разрыв сессии. Однако данными средствами не решается в полной мере задача по усечению возможностей пользователей, имеющих повышенные привилегии, по администрированию.

**Целью работы** являлось повышение уровня безопасности и эффективности защиты благодаря обеспечению контроля действий и усечению возможностей привилегированных пользователей.

В рамках реализации данной цели решены следующие задачи:

- защита информации от привилегированных пользователей;
- контроль действий привилегированных пользователей;
- усечение возможностей привилегированных пользователей по администрированию.

Предложен подход, заключающийся в том, что средством защиты реализуется два уровня иерархии администраторов:

- администратор безопасности;
- остальные привилегированные пользователи.

Администратор безопасности способен разграничивать права для других привилегированных пользователей – реализовать для них ролевую модель контроля доступа, разрешив только необходимый набор действий по администрированию из предоставленных операционной системой (ОС). Средством защиты при этом может управлять только администратор безопасности.

Данный подход базируется на реализации механизма самозащиты, обеспечивающего невозможность влияния на функционирование средства защиты привилегированными пользователями любым способом, и разграничительной политике доступа для учетных записей. В рамках реализации разграничительной политики администратор безопасности определяет полномочия выбранного привилегированного пользователя и осуществляет контроль его действий.

Рассмотрим каждую из указанных выше задач.

1. Защита информации от привилегированных пользователей. Задача защиты информации от привилегированных пользователей заключается в том, чтобы они не имели доступа к файлам, создаваемым другими пользователями [5].

Данная задача базируется на создании разграничительной политики доступа и наиболее эффективно решается механизмом контроля доступа к создаваемым файлам.

На рис. 1 представлены настройки, согласно которым администратор будет иметь доступ только к тем файлам, которые были созданы им, при этом он не сможет запустить созданные им исполняемые файлы.



Субъект осуществляющий доступ	Субъект-создатель файла	Режим доступа	Режим аудита
 Администратор	любой	-Ч-Э-И-У-П	ЧЗИУП; ЧЗИУП
 Администратор	Администратор	+Ч+Э-И+У+П	--И--:--И--

Рис. 1. Разграничительная политика (доступ к создаваемым файлам)

2. Контроль действий привилегированных пользователей. Существует два вида контроля:

- контроль действий (в аудите отображаются выполненные пользователем действия, рис. 2);
- контроль отказов (в аудите отображаются выполненные пользователем действия, которые запрещены ему разграничительной политикой, рис. 3).

Настроив параметры аудита, можно задать, доступ к каким конкретно объектам будет регистрироваться в журналах аудита.

Номер	Время	Процесс	Пользователь	Режим дс	Имя объекта	Им. Разное
1	Пн 20/03/2017 13...	D:\Windows\System32\mmc.exe	TEST-PC\Администратор	Ч	D:\Windows\System32\dmocx.dll	ДОСТУП ЗАПРЕЩЕН!
2	Пн 20/03/2017 13...	D:\Windows\System32\svchost.exe	TEST-PC\Администратор	Ч	D:\Windows\System32\vsldr.exe	ДОСТУП ЗАПРЕЩЕН!
3	Пн 20/03/2017 13...	D:\Windows\System32\svchost.exe	TEST-PC\Администратор	Ч	D:\Windows\System32\vsldr.exe	ДОСТУП ЗАПРЕЩЕН!
4	Пн 20/03/2017 13...	D:\Windows\explorer.exe	TEST-PC\Администратор	ЧБ	D:\Windows\System32\Tasks	ДОСТУП ЗАПРЕЩЕН!
5	Пн 20/03/2017 13...	D:\Windows\explorer.exe	TEST-PC\Администратор	ЧБ	D:\Windows\System32\Tasks\GoogleUpdateTaskMachineUA	ДОСТУП ЗАПРЕЩЕН!
6	Пн 20/03/2017 13...	D:\Windows\explorer.exe	TEST-PC\Администратор	ЧБ	D:\Windows\System32\Tasks\GoogleUpdateTaskMachineUA	ДОСТУП ЗАПРЕЩЕН!

Рис. 2. Пример аудита (контроль отказов)

Номер	Время	Процесс	Пользователь	Режим доступа	Имя объекта	Им. Разное
1	Чт 09/03/2017 ...	D:\Windows\System32\mmc.exe	TEST-PC\Администратор	Ч И	D:\Windows\System32\dmldgs.dll	
2	Чт 09/03/2017 ...	D:\Windows\System32\svchost.exe	TEST-PC\Администратор (Первичный: NT AUTHORITY\система)	Ч И	D:\Windows\System32\vsldr.exe	
3	Чт 09/03/2017 ...	D:\Windows\System32\mmc.exe	TEST-PC\Администратор	Ч И	D:\Windows\System32\dmview.ocx	
4	Чт 09/03/2017 ...	D:\Windows\System32\vsldr.exe	TEST-PC\Администратор	Ч И	D:\Windows\System32\vsutil.dll	
5	Чт 09/03/2017 ...	D:\Windows\System32\vsldr.exe	TEST-PC\Администратор	Ч И	D:\Windows\System32\vsds_ps.dll	
6	Чт 09/03/2017 ...	D:\Windows\System32\vsldr.exe	TEST-PC\Администратор	Ч И	D:\Windows\System32\ntdll.dll	
7	Чт 09/03/2017 ...	D:\Windows\System32\vsldr.exe	TEST-PC\Администратор	Ч И	D:\Windows\System32\kernel32.dll	
8	Чт 09/03/2017 ...	D:\Windows\System32\vsldr.exe	TEST-PC\Администратор	Ч И	D:\Windows\System32\apisetsche...	
9	Чт 09/03/2017 ...	D:\Windows\System32\vsldr.exe	TEST-PC\Администратор	Ч И	D:\Windows\System32\KernelBase...	
10	Чт 09/03/2017 ...	D:\Windows\System32\vsldr.exe	TEST-PC\Администратор	Ч И	D:\Windows\System32\locale.nls	

Рис. 3. Пример аудита (контроль действий)

3. Усечение возможностей привилегированных пользователей по администрированию. Для усечения возможностей привилегированных пользователей по администрированию предлагается подход, основанный на разрешении доступа к защищаемому объекту только соответствующей библиотеке, которая включает в себя интерфейс настройки.

Выполняется следующая последовательность действий:

1. выбор функции администрирования и определение динамической библиотеки, при помощи которой возможна работа с определенным интерфейсом, связанным с выполнением рассматриваемой функции;
2. обеспечение возможности осуществления записи только из выбранного интерфейса (т.е. производить запись в защищаемый объект файловой системы или реестра должен только один определенный процесс, всем остальным процессам запись запрещена);
3. разрешение или запрет запуска этой библиотеки привилегированному пользователю.

Таким образом, создается разграничительная политика для процессов, после чего привилегированному пользователю разрешается либо запрещается запуск данной библиотеки.

Благодаря использованию данного подхода можно предотвратить выполнение привилегированным пользователем определенных функций администрирования, например:

- открытие и работу с различными оснастками, используемыми для управления системой, параметрами пользователей, приложениями;
- отображение вкладки «Безопасность» в свойствах файлов и папок;
- изменение настроек даты и времени;
- добавление программ в автозапуск и т.д.

Правила доступа для выбранного профиля			
Тип	Объект файловой системы	Режим доступа	Режим аудита
	C:\Windows\System32\rshx32.dll	-И	--И--:--И--
	C:\Windows\System32\dmocx.dll	-И	--И--:--И--
	C:\Windows\System32\timedate.cpl	-И	--И--:--И--

Правила доступа к реестру для выбранного профиля			
Тип	Объект реестра	Режим доступа	Режим аудита
	HKLM\System*\ControlSet*\Control\TimeZoneInformation	-S-Y-П	-S--:--S--
	HKLM\Software\Microsoft\Windows\CurrentVersion\Run	-S-Y-П	-S--:--S--

Рис. 4. Примеры разграничительных политик доступа

На рис. 4 показаны правила, относящиеся к привилегированным пользователям. До их создания необходимо запретить любым процессам исполнение требуемых динамических библиотек, и запись в соответствующие объекты файловой системы или реестра.

Благодаря созданию данных правил предотвращается возможность:

- отображения вкладки «Безопасность» в свойствах файлов и папок: файл C:\Windows\System32\rshx32.dll;
- открытия оснастки «Диспетчер устройств»: файл C:\Windows\System32\dmocx.dll;
- изменения настроек даты и времени: файл C:\Windows\System32\timedate.cpl и маска ветвей реестра HKLM\System\*\\*ControlSet\*\Control\TimeZoneInformation;
- добавления программ в автозапуск: ветвь реестра HKLM\Software\Microsoft\Windows\CurrentVersion\Run.

**Заключение.** Подводя итог, необходимо отметить, что благодаря осуществлению рассмотренного подхода удастся, как защитить информацию, обрабатываемую на компьютере, от привилегированных пользователей, осуществить контроль их действий, так и усесть возможности влияния данных пользователей на систему. При реализации рассматриваемого подхода возможности привилегированного пользователя будут определяться системой защиты.

Рассматриваемый подход был реализован на практике и апробирован при построении комплексной системы защиты информации «Панцирь+» для ОС Microsoft Windows.

### Литература

1. Сова А. Контроль действий пользователей – необходимость или паранойя? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.itsec.ru/articles2/control/kontrol-deystviy-polzovateley-neobhodimost-ili-paranoya>, своб.
2. Угроза привилегированных пользователей и методы по ее устранению. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ppt.ru/guide/news/136623>, своб.
3. Гридасов В. Контроль привилегированных пользователей (PUM) – обзор мирового и российского рынка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.anti-malware.ru/reviews/privileged\\_user\\_management\\_market\\_russia\\_2016#](https://www.anti-malware.ru/reviews/privileged_user_management_market_russia_2016#), своб.
4. Романов М. Системы контроля привилегированных пользователей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.itsec.ru/articles2/asu-tp/sistemy-kontrolya-privilegirovannyh-polzovateley>, своб.
5. Щеглов А.Ю., Щеглов К.А. Анализ и проектирование защиты информационных систем. Контроль доступа к компьютерным ресурсам. Методы, модели, технические решения. – СПб.: Профессиональная литература, 2017. – 416 с.

**УДК 541.64-541.67-66.081.6**

### **МЕМБРАНЫ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА И ПОЛИПИРРОЛА ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ СМЕСЕЙ МЕТАНОЛ-ТОЛУОЛ**

**Павлов Р.В.<sup>1</sup>**

**Научный руководитель – к.х.н., доцент Смирнов М.А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе представлена теоретическая информация по созданию и изучению сепарационных полимерных мембран. Создание непористых электропроводящих мембран с высокой селективностью на основе нетоксичных полимеров для разделения смеси метанол-толуол на первапорационной установке. Разработана методика нанесения электропроводящего полимера (полипиррола) на пористую подложку хитозан-ионная жидкость.

**Ключевые слова:** хитозан, полипиррол, селективность, первапорация, ионная жидкость.

В последние годы большое количество спиртов и их производных широко используются во многих отраслях промышленности: пищевой, биологической и энергетической медицине, которые используют спирты как исходное сырье или растворитель. В ходе различных процессов спирты контактируют с другими веществами, образуя азеотропы, что в дальнейшем усложняет их повторное применение в производстве [1–5].

Поиск новых энергоэффективных способов разделения смесей органических растворителей является важной задачей химической технологии. В промышленности такие смеси часто разделяют методом ректификации, который, однако, не применим для разделения смесей, образующих азеотроп.

Решением проблемы разделения и очистки спиртов является использование процесса первапорации, в котором применяются полимерные или неорганические непористые мембраны, обладающие селективностью по отношению к одному из компонентов разделяемой смеси. Одной из проблем, связанной с применением таких мембран является сложность совмещения в одном материале высоких механических характеристик и высокой проницаемости. Это связано с тем, что достижение высокой проницаемости требует применения тонких мембран, то приводит к снижению их прочности. Возможным путем решения этой проблемы является создание двухслойных мембран, в которых пористая, с низким сопротивлением массопереносу, мембрана-подложка объединена с тонким слоем селективного полимера. Полипиррол (ППир), является одним из интересных представителей селективных полимеров, который может быть использован для разделения смесей органических жидкостей. Кроме того, ППир обладает электропроводностью, что позволяет на его основе делать мембраны, селективность и (или) проницаемость которых регулируется с помощью электрического поля. К серьезному недостатку ППир относятся очень высокая хрупкость, что привело к интенсивному поиску путей получения композиционных материалов на основе этого проводящего полимера. Использование чистого ППир в качестве сепарационных мембран описано в литературе, однако производительность таких материалов оказывается крайне низкой, что связано с необходимостью использования относительно толстых пленок для достижения приемлемых механических свойств.

Таким образом, разработка методов получения двухслойных композиционных мембран с селективным и электропроводящим слоем на основе ППир является важной и актуальной задачей.

**Целью исследования** являлась разработка методик получения полимерных мембран на основе селективного слоя из ППир и пористой композитной подложки хитозан – глубокий эвтектический растворитель.

Были получены полимерные мембраны на основе нетоксичных органических полимерных материалов.

Разработан метод нанесения селективного слоя ППир на подложку из пористого композита хитозан–ионная жидкость.

Показано, что мембраны с ППир обладают большей электрической проводимостью, чем чистый хитозан.

Полученные мембраны обладают селективностью при разделении модельной азеотропообразующей смеси метанол-толуол.

Измерение электропроводности образцов проводилось на потенциостате-гальваностате, с помощью четырехконтактной ячейки с графитовыми электродами.

Ниже приведены графики зависимости электрического тока от приложенного к мембране потенциала (рисунок).

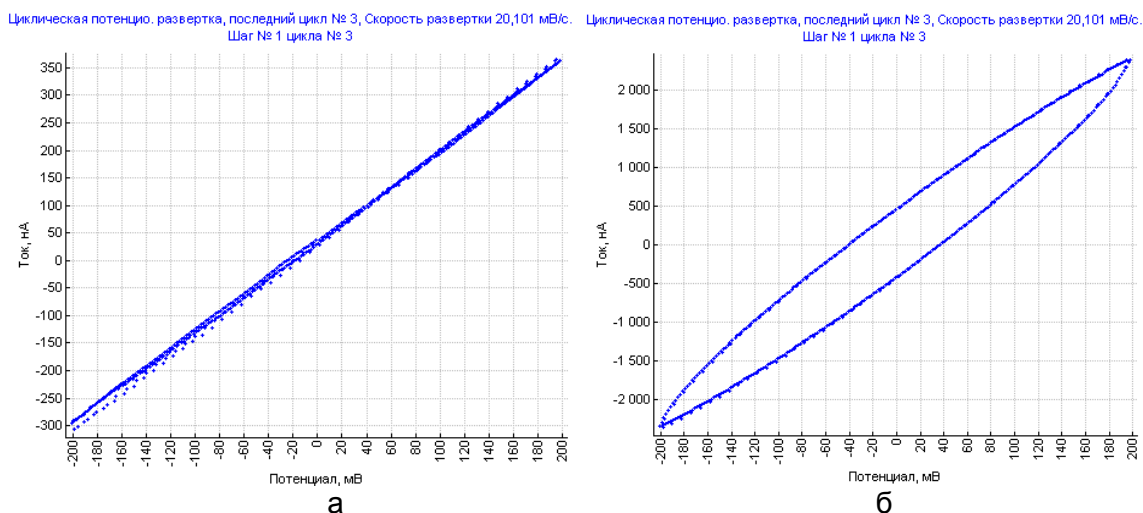


Рисунок. Зависимости электрического тока от потенциала: чистого хитозана (а) и мембраны, выдержанной в полипирроле (б)

Мембрана без ППир имеет электропроводность благодаря содержанию в ней ионной жидкости, но по сравнению с мембраной хитозан–полипиррол электропроводность достаточно мала.

Благодаря ППир электрический ток достигает значение в 20 мкА, что примерно в 60 раз больше, чем в мембране ППир. Гистерезис на графике обусловлен тем, что ППир накапливает электрический заряд, т.е. имеет определенную электрическую емкость.

В табл. 1 приведены результаты расчетов электропроводности чистого хитозана и мембран с полипирролом.

Таблица 1. Результаты измерения электропроводности мембран

Ширина, см	Толщина, мкм	$R$	$\text{FeCl}_3$ (мин)– PP (мин)	$S$ , $\text{см}^2$	$L$ , см	удельное сопротивление, $\text{Ом}\cdot\text{см}^2/\text{см}$	удельная электропроводность, $\text{Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$
0,4	0,0035	$2,00\cdot 10^6$	30–90	0,0014	0,5	5600	$1,79\cdot 10^{-4}$
0,5	0,003	$3,33\cdot 10^6$	30–180	0,0015	0,5	9990	$1,00\cdot 10^{-4}$
0,6	0,003	$1,60\cdot 10^6$	30–360	0,0018	0,5	5760	$1,74\cdot 10^{-4}$
0,55	0,0035	$1,25\cdot 10^5$	60–90	0,00193	0,5	481,25	$2,08\cdot 10^{-3}$
0,6	0,003	$1,00\cdot 10^6$	60–180	0,0018	0,5	3600	$2,78\cdot 10^{-4}$
0,5	0,0021	$9,43\cdot 10^3$	60–360	0,00105	0,5	19,803	$5,05\cdot 10^{-2}$
0,75	0,0017	$1,67\cdot 10^6$	90–90	0,00128	0,5	4248,3	$2,35\cdot 10^{-4}$
0,7	0,0035	$1,43\cdot 10^6$	90–180	0,00245	0,5	7007	$1,43\cdot 10^{-4}$
0,6	0,0024	$1,00\cdot 10^6$	90–360	0,00144	0,5	28,8	$3,47\cdot 10^{-2}$

Производились расчеты электропроводности мембран с разным временем нахождения в хлорном железе ( $\text{FeCl}_3$ ) и в эксикаторе, где происходила полимеризация пиррола.

Наилучшую электропроводность показала мембрана, которую на 60 мин помещали в раствор  $\text{FeCl}_3$  и на 360 мин помещали в эксикатор. Хитозан, как и

предполагалось, имеет наименьшую электропроводимость по сравнению с другими образцами. В табл. 2 приведены результаты расчетов селективности и проницаемости мембран хитозан-полипиррол. Использовались три образца, выдержанные 90 мин в ( $\text{FeCl}_3$ ) и 180 мин в эксикаторе.

Образец № 1 испытывали 0,5 ч, образец № 2 – 0,75 ч, образец № 3 – 0,83 ч.

Таблица 2. Результаты измерения селективности мембран

№	$m$ (до), г	$m$ (после), г	$F, 2$ г/(м <sup>2</sup> ·ч)	До		После		$\beta$ (до)	$\beta$ (после)	select
				$S$ (метанол)	$S$ (толуол)	$S$ (метанол)	$S$ (толуол)			
1	26,2006	26,4167	1905,097	57,9	39,6	73,062	25,2	1,462	2,90	1,98
2	26,903	27,0695	978,5555	57,8	39,6	82,89	16,76	1,46	4,945	3,39
3	26,2006	26,2456	238,9829	58,7	39,1	98,271	1,729	1,501	56,836	37,86

Образец № 1 показал плохую селективность, равную 1,9829, что говорит о плохом разделении азеотропной смеси (57,9% до и 73% после содержание метанола в азеотропе). Поток, в свою очередь, оказался равен около 2 кг/(м<sup>2</sup>·ч).

Из полученных данных можно сделать вывод, что мембрана была плохо закреплена в установке, и азеотропная смесь протекала через установку, не контактируя с мембраной, что и является следствием высокого потока и низкой селективности.

Образец № 2, так же как и первый, был плохо закреплён, либо имел надрыв, что говорит о большом потоке в 1 кг/( м<sup>2</sup>·ч) и малой селективности 3,39.

Образец № 3 показал наилучшую селективность, равную 37,86. Содержание толуола в азеотропе снизилось с 39,1% до 1,73%.

Эксперимент показал, что мембрана действительно способна разделить азеотропную смесь метанол–толуол и обладает селективностью в сторону метанола.

### Литература

1. Jeon G. etal. Electrically actuatable smart nanoporous membrane for pulsatile drug release // Nano letters. – 2011. – V. 11. – № 3. – P. 1284–1288.
2. Dutta P.K., Dutta J., Tripathi V.S. Chitin and chitosan: Chemistry, properties and applications // Journal of Scientific & Industrial Research. – 2004. – V. 63. – P. 20–31.
3. Abbott A.P., Boothby D., Capper G., Davies D.L., Rasheed R.K. Deep Eutectic Solvents Formed between Choline Chloride and Carboxylic Acids: Versatile Alternatives to Ionic Liquids // J. Am. Chem. Soc. – 2004. – V. 126. – P. 9142–9147.
4. Tian B. and Zerbi G. Lattice-Dynamics and Vibrational Spectra of Polypyrrole // Journal of Chemical Physics. – 2009. – V. 92. – № 6. – P. 3886–3891.
5. Aouinti L., Roizard D. and Belbachir M. PVC-activated carbon based matrices: a promising combination for pervaporation membranes useful for aromatic-alkane separations // Separation and Purification Technology. – 2015. – V. 147. – P. 51–61.

УДК 004.93

**ОБЗОР ПОДХОДОВ РЕАЛИЗАЦИИ БИОМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ,  
ПРОТИВОДЕЙСТВУЮЩИХ SPOOFING-АТАКАМ****Пальков В.А.<sup>1</sup>****Научный руководитель – к.т.н. Щемелинин В.Л.<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе приведен обзор имеющихся подходов и методов противодействия спуфинг-атакам в биометрических системах, приведена их классификация.

**Ключевые слова:** биометрическая система, spoofing, спуфинг, атака.

**Введение.** В последние годы биометрические системы получили широкое распространение во многих областях, таких как наблюдение, контроль доступа и судебная система. Биометрия относится к технологиям, которые измеряют и анализируют характеристики человеческого тела. С возрастанием области применения биометрических систем участились попытки подмены биометрических характеристик, с целью получения доступа к системе. Основную потенциальную угрозу представляют атаки спуфинга. Спуфинг – это обман биометрических систем путем предоставления биометрическому сенсору копий, муляжей, фотографий, заранее записанных звуков и т.п. [1]. В данной работе рассмотрены методы противодействия спуфингу и их классификация.

**Классификация методов противодействия спуфинг-атакам.** Методы противодействия спуфинг-атакам могут быть сгруппированы в две категории: активный и пассивный подход. Активный подход подразумевает реакцию пользователя на систему, например, поворот головы или произнесение слов. В свою очередь, пассивные методы не требуют таких действий от пользователя.

**Активный подход.** Данный подход обычно требует от пользователей ответа на несколько действий, которые указываются системой. Метод, представленный Frischholz и Werner [2], требует от пользователей поворота головы в соответствии с произвольными инструкциями, генерируемыми системой. Алгоритм оценки позиции сравнивает эти движения с заранее зафиксированными движениями настоящего пользователя.

Другая техника Automatic Speaker Verification (ASV) была предложена коллективом компании STC [3]. В данном подходе пользователям предлагалось произносить случайно генерируемую последовательность чисел, а система фиксировала и анализировала движения губ пользователя.

Kant и Sharma [4] представили метод, основанный на анализе теплового изображения и мимики человеческого лица. Данный метод предлагал пользователю совершать движения челюстью и мышцами лба. Веб-камера и термодатчик фиксировали изменения, и по полученным данным рассчитывалась эластичность кожи, которая сравнивалась с показателями эластичности искусственных материалов, таких как желатин, каучук и глина.

Контактные методы достаточно эффективны в ответе на вопрос, живой ли человек находится перед биометрической системой, а использование сенсоров препятствует применению атак на системы, применяющие данные методы. Но требование совершения действий пользователем и необходимость в сложных сенсорах снижают практичность данных методов в реальных системах.

**Пассивный подход.** Принцип работы систем, использующих пассивный подход, основан на том, что физические характеристики живого человеческого лица существенно отличаются от характеристик материалов искусственного происхождения. Как правило, в таких системах пользователь не знает, какой метод защиты используется системой для анализа подлинности пользователя.



Одним из наиболее распространенных, пассивных подходов является метод, описанный командой Hadid [5], основанный на локальных бинарных шаблонах (Local Binary Patterns, LBP). LBP – это простой, но очень эффективный оператор, который представляет собой описание окрестности пикселя в двоичной форме. Такое представление изображения используется SVM-классификатором для установления, живой ли человек находится перед камерой. Схема данного метода приведена на рис. 1.

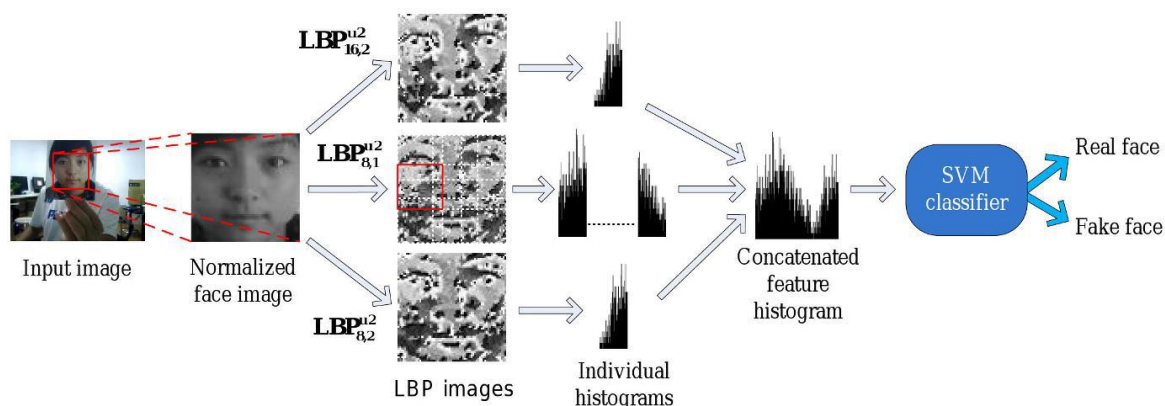


Рис. 1. Иллюстрация метода, основанного на Local Binary Patterns

Pereira с коллегами [6] развил идею LBP-операторов, предложив подход, основанный на анализе трех ортогональных плоскостей (LBP-TOP), который объединяет информацию о пространстве и времени, используя в качестве исходных данных видеоролик. Данный метод отличается простотой в реализации, устойчивостью к качеству освещения, а также не зависит от угла поворота пользователя относительно камеры. Схема LBP-TOP метода приведена на рис. 2.

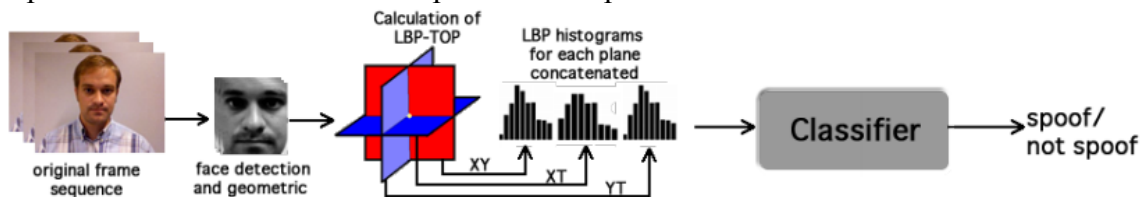


Рис. 2. Иллюстрация метода, основанного на LBP-TOP

**Заключение.** В данной работе была приведена классификация и обзор методов противодействия спуфинг-атакам в биометрических системах. Стоит отметить тенденцию к комбинированию имеющихся методов с целью получения универсальной системы, устойчивой к имеющимся видам атакам. В таблице представлены показатели надежности рассмотренных методов, указанных авторами.

Таблица. Показатели надежности рассмотренных методов

Автор метода	Classification rate	HTER	ERR
Frischholz и Werner	–	–	–
ASV	–	–	2,01
Kant и Sharma	0,96	–	–
Hadid	–	15,16	–
Pereira	–	7,60	–

Метрики рассмотренных методов показывают, что проблема противодействия спуфинг-атакам по-прежнему актуальна, так как уровень ошибок классификации данных на данный момент недостаточно низок.

### Литература

1. Алгулиев Р.М., Имамвердиев Я.Н., Мусаев В.Я. Методы обнаружения живучести в биометрических системах // Вопросы защиты информации. – 2009. – № 3. – С. 16–21.
2. Frischholz R.W. and Werner A. Avoiding replay-attacks in a face recognition system using head-pose estimation // In International Workshop on Analysis and Modeling of Faces and Gestures. – 2003. – P. 234–235.
3. Lavrentyeva G., Novoselov S., Simonchik K. Anti-spoofing methods for automatic speaker verification system // Communications in Computer and Information Science – 2017. – V. 661. – P. 172–184.
4. Kant C. and Sharma N. Fake face recognition using fusion of thermal imaging and skin elasticity // IJCSIJ. – 2013. – V. 4(1). – P. 65–72.
5. Hadid A. The Local Binary Pattern Approach and its Application to Face Analysis [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ee.oulu.fi/~hadid/IPTA2008.pdf>, своб.
6. Pereira T.F., Anjos A., De Martino J.M. and Marcel S. LBP-TOP based countermeasure against face spoofing attacks // ACCV. – 2013. – Part 1. – P. 121–132.

УДК 681.511.46

#### АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВЕРНУТЫМ МАЯТНИКОМ НА ПОДВИЖНОМ ОСНОВАНИИ

Перегудин А.А.<sup>1</sup>, Лагодина А.В.<sup>1</sup>

Научный руководитель – д.т.н., доцент Фуртат И.Б.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе решена задача поднятия и дальнейшей стабилизации в вертикальном положении перевернутого маятника на подвижном основании. Предложен робастный следящий регулятор для реализации расчетной эталонной траектории на стадии поднятия, продемонстрирована устойчивость замкнутой системы к параметрическим и сигнальным возмущениям. Предложен вариант реализации глобально устойчивой системы управления на основе робастной модификации feedforward-управления.

**Ключевые слова:** перевернутый маятник, робастное управление, нелинейная система, feedforward-управление, возмущения.

Существующие на сегодняшний день алгоритмы управления перевернутым маятником можно разделить на два класса: алгоритмы стабилизации маятника в окрестности неустойчивого положения равновесия и алгоритмы приведения маятника из произвольного положения в область стабилизации – последние также называются алгоритмами раскачки. На текущий момент известно два основных подхода к раскачке маятника: энергетический метод и метод feedforward-управления [1, 2]. Энергетический метод обладает параметрической робастностью, однако при использовании этого метода цель управления в любой конечный момент времени может достигаться лишь приближенно, а переходные процессы оказываются существенно колебательными. При использовании feedforward-управления переходные процессы получаются более плавными, цель управления достигается за конечное время, однако параметрическая робастность практически отсутствует. В настоящей работе предложена робастная модификация feedforward-управления, позволяющая осуществлять приведение перевернутого маятника из произвольного положения в положение вертикальной стабилизации при наличии параметрических и сигнальных возмущений. Таким образом, в настоящей работе впервые рассмотрен вопрос робастного управления перевернутым маятником на стадии поднятия при условии достижения цели управления за конечное время.

Объект управления представляет собой жесткое звено (маятник), закрепленное на подвижном основании (тележка). Один конец маятника закреплен на тележке таким образом, что маятник может вращаться в вертикальной плоскости на  $360^\circ$ . Тележка движется вдоль прямой, лежащей в плоскости вращения маятника, под действием управляющей силы  $F$ . Схематичное представление объекта управления приведено на рис. 1.

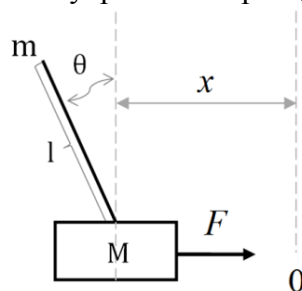


Рис. 1. Перевернутый маятник на тележке

Динамика объекта управления описывается системой из двух нелинейных дифференциальных уравнения второго порядка:

$$\begin{cases} \ddot{x}(M+m) - ml\ddot{\theta}\cos\theta + ml\dot{\theta}^2\sin\theta = u \\ l\ddot{\theta} - g\sin\theta - \ddot{x}\cos\theta = 0 \end{cases},$$

где  $M$  – масса тележки;  $m$  – масса маятника;  $l$  – длина маятника;  $\theta$  – угол отклонения маятника от вертикали;  $x$  – горизонтальное смещение тележки,  $u \triangleq F$  – сила, приложенная к тележке. Значения постоянных параметров приведены в таблице.

Таблица. Параметры объекта управления

Параметр	$M$	$m$	$l$	$g$
Значение	3,4 кг	0,147 кг	0,351 м	9,81 м/с <sup>2</sup>

Для поиска эталонной траектории движения тележки, не зависящей от массы маятника, вводится величина

$$\varphi \triangleq -g \tan \theta + \frac{(M+m)g \tan \theta - ml\dot{\theta}^2 \sin \theta}{M + m \sin^2 \theta} + \frac{1}{M + m \sin^2 \theta} u,$$

выступающая при разработке регулятора в роли виртуального управления.

При выполнении работы была поставлена задача осуществить поднятие маятника из нижнего положения в верхнее за конечное время  $T$  и реализовать его дальнейшую стабилизацию при наличии параметрических возмущений объекта и сигнальных возмущений в канале управления; а также исследовать робастность полученной системы при наличии ограничений  $T \leq 2,5$  с,  $L \leq 0,4$  м,  $u(t) \leq 50$  Н, где  $L = |x_{\max} - x_{\min}|$  – диапазон движения тележки.

В ходе выполнения работы было проведено сравнение различных программных сигналов  $\tilde{\varphi}(t)$ , осуществляющих поднятие маятника, т.е. отвечающих выполнению граничных условий

$$\theta(0) = -\pi, \dot{\theta}(0) = 0, x(0) = 0, \dot{x}(0) = 0, \theta(T) = 0, \dot{\theta}(T) = 0, x(T) = 0, \dot{x}(T) = 0.$$

Всего было рассмотрено более 70 различных эталонных сигналов, как полиномиальных

$$\tilde{\varphi}(t) = a_0 + a_1 \left(\frac{t}{T}\right) + a_2 \left(\frac{t}{T}\right)^2 + \dots + a_n \left(\frac{t}{T}\right)^n,$$

так и тригонометрических

$$\tilde{\varphi}(t) = a_0 + a_1 \cos \frac{\pi t}{T} + a_2 \cos \frac{2\pi t}{T} + \dots + a_n \cos \frac{n\pi t}{T}.$$

Неопределенные параметры сигналов найдены с использованием методов численного интегрирования нелинейных дифференциальных уравнений. Даны рекомендации по выбору эталонного сигнала для различных целевых условий. Произведено сравнение найденных эталонных сигналов по диапазону движения тележки и максимальному сигналу управления, примеры сравнения приведены на рис. 2. В качестве эталонного сигнала выбран полиномиальный сигнал, соответствующий поднятию маятника за время  $T = 1,1$  с.

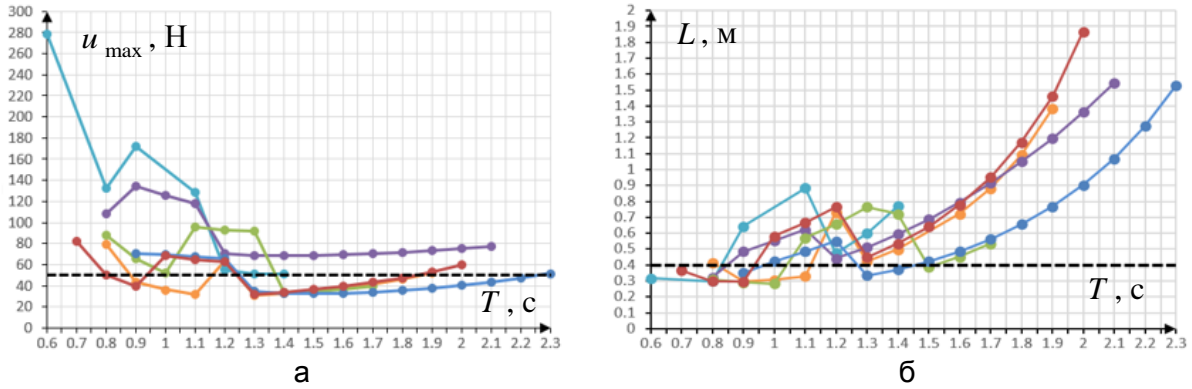


Рис. 2. Сравнение характеристик различных эталонных сигналов: по максимальному сигналу управления (а) и по диапазону движения тележки (б)

Для реализации рассчитанной эталонной траектории в условиях параметрических и сигнальных возмущений предложен новый алгоритм управления, представляющий собой робастную модификацию feedforward-управления. Схема предлагаемой робастной модификации представлена на рис. 3.

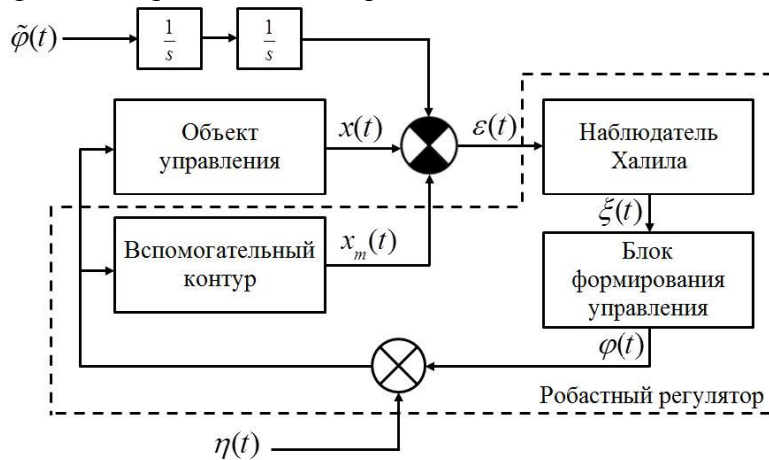


Рис. 3. Схема робастной модификации feedforward-управления

Для реализации слежения за эталонной траекторией в условиях параметрической и сигнальной неопределенности введен вспомогательный контур:

$$\ddot{x}_m(t) + 2\dot{x}_m(t) + x_m(t) = \alpha\varphi(t),$$

где  $\alpha \in \mathbb{R}^+$  – настраиваемый параметр, характеризующий жесткость регулятора.

Далее на основе сигнала рассогласования

$$\varepsilon(t) = \left( x(t) - x_m(t) - \frac{1}{s^2} [\tilde{\varphi}(t)] \right),$$

при помощи наблюдателя Халила

$$\begin{bmatrix} \dot{\xi}_1(t) \\ \dot{\xi}_2(t) \\ \dot{\xi}_3(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \xi_1(t) \\ \xi_2(t) \\ \xi_3(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -100 \\ -10000 \\ 0 \end{bmatrix} (\xi_1(t) - \varepsilon(t)),$$

сформирован физически реализуемый закон управления

$$\varphi(t) = -\alpha^{-1}(\xi_3(t) + 2\xi_2(t) + \xi_1(t)) \quad [3, 4].$$

Для стабилизации маятника после поднятия используется оптимальный линейно-квадратичный регулятор (LQR), формирующий закон управления

$$\varphi = -R^{-1}B^T P \mathbf{q},$$

доставляющий минимум функционалу качества

$$J = \int_0^{\infty} (\mathbf{q}^T Q \mathbf{q} + R \varphi^2) dt = \int_0^{\infty} (\theta_1^2 + \theta_2^2 + x_1^2 + x_2^2 + \varphi^2) dt.$$

Матрица  $P$  найдена как решение соответствующего уравнения Риккати

$$A^T P + P A - P B R^{-1} B^T P + Q = 0,$$

для получения которого исходная система была линеаризована около верхнего положения равновесия.

Агрегированная система состоит из двух регуляторов и закона коммутации, осуществляющего переключение между поднимающим и стабилизирующим управлением. На рис. 4 представлена схема агрегированной системы.

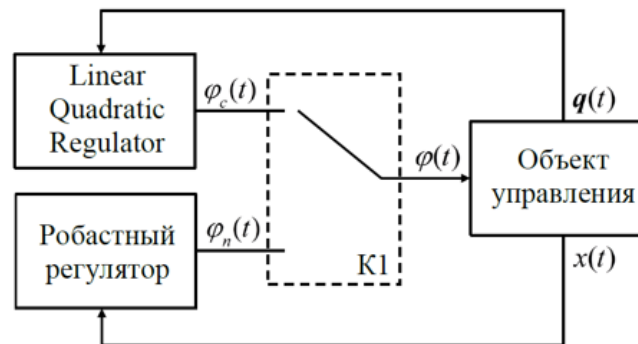


Рис. 4. Схема агрегированной системы управления

В работе также предложен вариант реализации глобально устойчивой системы управления на основе робастной модификации feedforward-управления, позволяющий осуществлять повторное приведение маятника в положение стабилизации в том случае, если он был выведен из него в результате воздействия сильного внешнего возмущения. Предложенная в работе схема управления представлена на рис. 5.

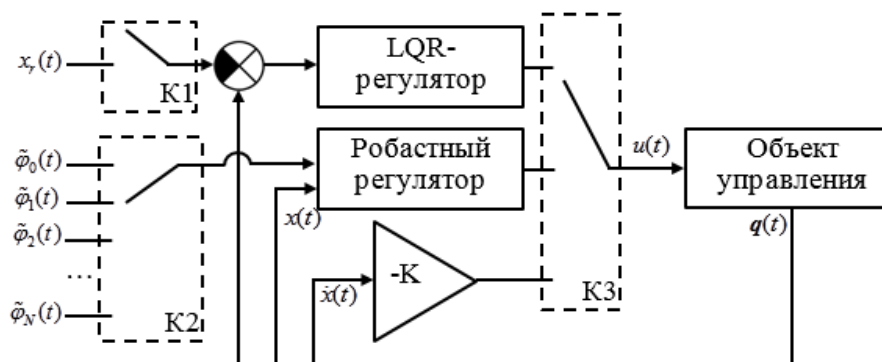


Рис. 5. Схема глобально устойчивой системы управления

Предложенная схема управления позволяет редуцировать размерность пространства заранее рассчитанных программных траекторий до одномерного, что существенно снижает вычислительные затраты при программировании регулятора.

На рис. 6–8 представлены результаты моделирования системы управления в номинальном режиме, при наличии неизвестной нагрузки на маятник  $\Delta m = 1$  кг, а также при наличии ограниченных сигнальных возмущений на стадии поднятия.

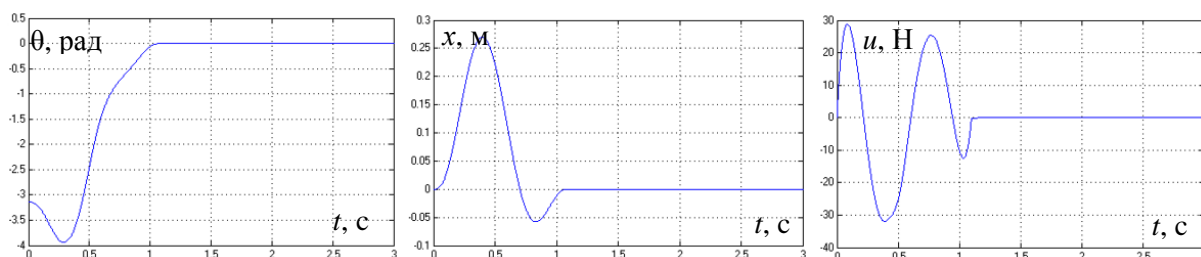


Рис. 6. Поднятие маятника в номинальном режиме

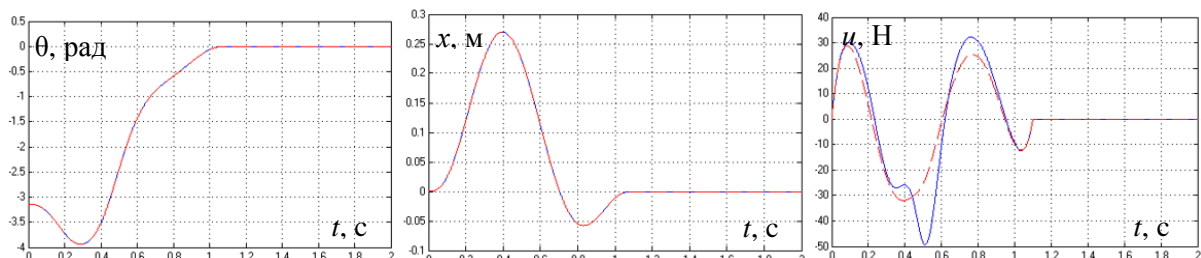


Рис. 7. Поднятие маятника при наличии параметрических возмущений

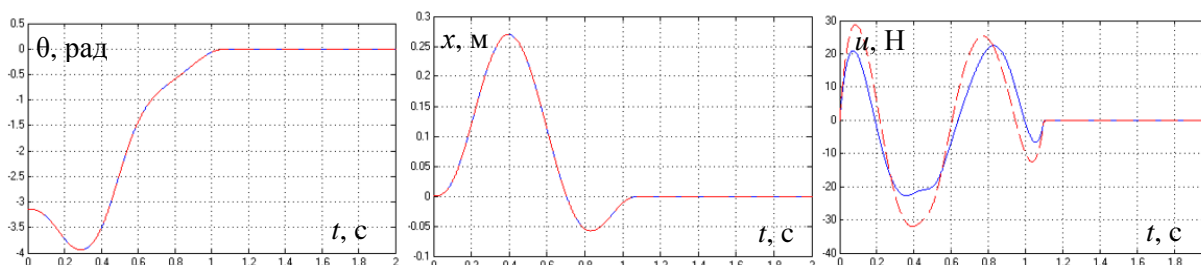


Рис. 8. Поднятие маятника при наличии возмущений в канале управления

В результате работы был предложен алгоритм управления перевернутым маятником на подвижном основании, позволяющий осуществлять поднятие маятника и его дальнейшую стабилизацию при наличии неизвестных параметрических и сигнальных возмущений. Решена задача поиска эталонной программной траектории при наличии ограничений на выходную переменную и сигнал управления. Даны рекомендации по выбору траекторий, удовлетворяющих различным целевым условиям. Предложен алгоритм глобальной стабилизации перевернутого маятника на тележке, построенный по принципу feedforward-управления с применением робастного регулятора. Описана логика переключений управляющих воздействий.

### Литература

1. Astrom K.J., Furuta K. Swinging up a pendulum by energy control // Automatica. – 2000. – V. 36. – P. 278–285.
2. Graichen K., Treuer M., Zeitz M. Swing-up of the double pendulum on a cart by feedforward and feedback control with experimental validation // Automatica. – 2007. – V. 43. – № 1. – P. 63–71.
3. Цыкунов А.М. Алгоритмы робастного управления с компенсацией ограниченных возмущений // Автомат. и телемех. – 2007. – V. 7. – С. 103–115.
4. Khalil H.K., Praly L. High-gain observers in nonlinear feedback control // International journal of robust and nonlinear control. – 2014. – V. 24. – P. 993–1015.

УДК 681.3.07

## ПРИМЕНЕНИЕ СУФФИКСНЫХ ДЕРЕВЬЕВ ДЛЯ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ЗВУКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА ВИТЕРБИ

Полухин Д.Д.<sup>1</sup>Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Рыбин С.В.<sup>1</sup><sup>1</sup>Университет ИТМО

На сегодняшний день для задачи синтеза интонационной речи одной из самых востребованных является технология Unit Selection. Ее принцип заключается в том, что речь синтезируется из элементов речевой базы, заранее подготовленной диктором. Важным этапом в этой технологии является нахождение оптимальной звуковой последовательности элементов. Для того чтобы найти нужную последовательность, необходим перебор большого числа элементов базы, и их сравнение по заданным параметрам. Основными недостатками данной технологии являются низкая скорость и высокая стоимость обращения к речевой базе. Устранить данные недостатки предположено применением технологии суффиксного дерева.

**Ключевые слова:** суффиксное дерево, алгоритм Витерби, целевая функция.

Суффиксное дерево – способ организации данных (строк), позволяющий выяснять, входит ли строка  $w$  в строку  $t$ , за время  $O(|w|)$ , где  $w$  – длина строки  $w$  [1–3].

Определение: для текста  $T=t_1...t_n$  каждое окончание  $t_i...t_n$  называется суффиксом. Неформально, чтобы построить суффиксное дерево (ST), нужно приписать специальный символ \$ к тексту, взять все  $n+1$  суффикс, подвесить их за начала, и склеить все ветки, идущие по одинаковым буквам. В каждом листе записывается номер суффикса, который в нем заканчивается. Пример суффиксного дерева изображен на рис. 2.

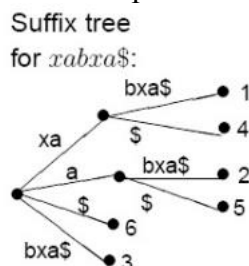


Рис. 1. Пример суффиксного дерева

Префикс  $w$  строки  $t$  – строка такая, что  $wv=t$  для некоторой (возможно, пустой) строки  $v$ . Префикс называется собственным, если  $|v| \neq 0$ .

Суффикс  $w$  строки  $t$  – строка такая, что  $vw=t$  для некоторой (возможно, пустой) строки  $v$ . Суффикс называется собственным, если  $|v| \neq 0$ . Например, для строки «substring» подстрока «sub» является собственным префиксом, «ting» – собственным суффиксом.

Подстрока  $w$  строки  $t$  называется правым ветвлением, если после подстроки  $w$  в строке  $t$  стоят различные символы. Аналогично определяется и левое ветвление. Например, для «eabseeabcd» подстрока «abc» является правым ветвлением, так как в обоих ее вхождениях в  $t$  справа от нее стоят различные символы, зато та же подстрока не является левым ветвлением, потому что слева от нее в обоих вхождениях стоит одинаковый символ «e».

Для строки  $t$  атомарное суффиксное дерево обозначается  $ast(t)$ , компактное суффиксное дерево обозначается  $cst(t)$ .

Обратное префиксное дерево строки  $t$  – это суффиксное дерево для строки  $t^{-1}$ .

Вложенный суффикс – суффикс, который входит в строку  $t$  где-нибудь еще. Наидлиннейший вложенный суффикс называется активным суффиксом строки  $t$  [4].

Для работы алгоритм должен взаимодействовать с речевой базой. Предлагается разметка базы на две таблицы. В первой хранятся звуковые элементы, представляющие собой полноценные слова, записанные с помощью диктора. В связи с тем, что проект,

для которого разрабатывается данный алгоритм, представляет собой языково-независимую систему, во второй таблице хранятся нарезанные посимвольно звуковые элементы из данных слов со всеми связями между таблицами. Связь устанавливается как один-ко-многим. Сам же алгоритм представлен на рис. 2 и будет описан далее.

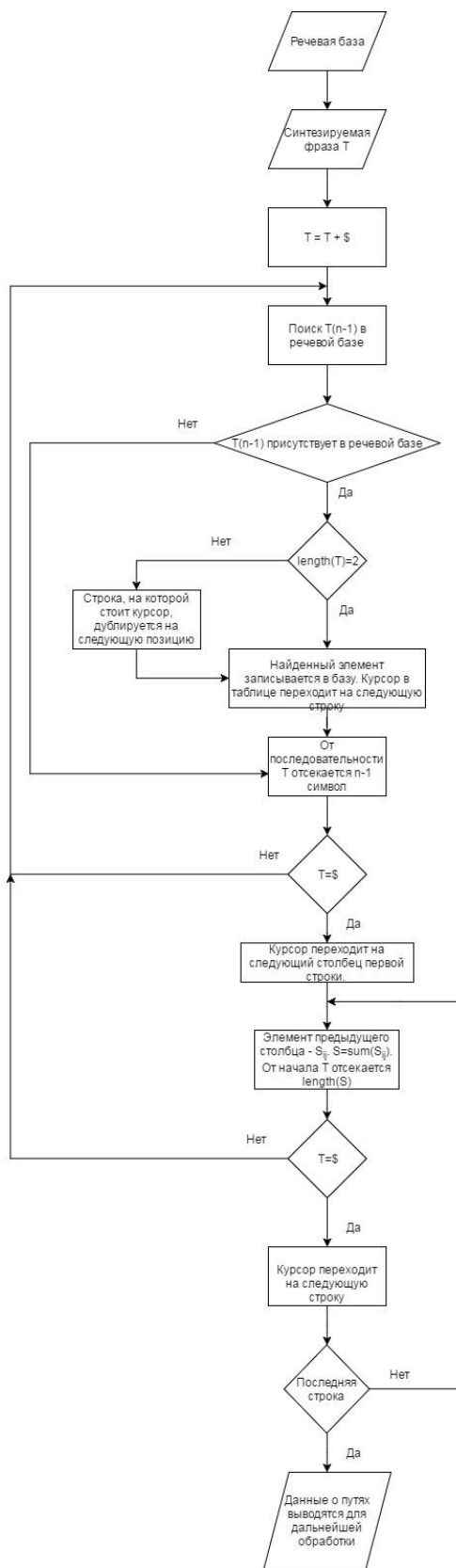


Рис. 2. Схема алгоритма



На вход алгоритму подаются размеченная речевая база и фраза для синтеза  $T$ . Далее к  $T$  прибавляется символ «\$», который будет стоп-символом в данном алгоритме. В таблице, в которой будут храниться пути, последняя строка всегда должна быть пустой, чтобы алгоритм мог остановить поиск. Затем  $T(n-1)$  ищется в речевой базе. Если элемент найден, то проверяется следующее условие, равна ли длина  $T$  двум. Если нет, то строка, на которой стоит курсор, дублируется, а на текущую строку записывается найденный элемент. Если же длина  $T$  равна двум, то от  $T$  отсекается  $(n-1)$  символ. Производится проверка равенства последовательности  $T$  стоп-символу. При отсутствии элемента в базе, алгоритм сразу переходит к шагу проверки равенства последовательности  $T$  стоп-символу. Если  $T$  не равен стоп-символу, то алгоритм переходит на стадию нового поиска  $T(n-1)$  последовательности в речевой базе. При равенстве последовательности  $T$  стоп-символу курсор перемещается на следующий столбец первой строки. Длина элементов, записанных в предыдущих столбцах текущей строки, суммируется, от начала последовательности  $T$  отсекается количество символов, равное длине этих элементов. Снова производится проверка равенства последовательности  $T$  стоп-символу. Если  $T$  не равен стоп-символу, то алгоритм переходит на стадию нового поиска  $T(n-1)$  последовательности в речевой базе. При равенстве последовательности  $T$  стоп-символу курсор переходит на следующую строку. Выполняется проверка, в которой алгоритм узнает, является ли текущая строка последней. Если нет, то сумма элементов текущей строки снова суммируется и происходит новый поиск и проверка. Если же это последняя строка, то это означает, что алгоритм нашел все возможные пути разбиения последовательности  $T$  на элементы, присутствующие в речевой базе.

На основе исследований алгоритмов Витерби и DTW были разработаны целевые функции для вычисления стоимостей замены и связи.

Учитывая то, что исходные фразы будут разбиваться на куски крупнее, чем аллофоны, то здесь больше подойдет принцип независимых признаков. Веса предлагается выставлять либо автоматически на основе объективной меры, либо вручную. Перцепционный не подходит ввиду своей дороговизны и длительности.

Функция стоимости замены представлена ниже.

$$C^t(u_i, t_i) = \frac{\sum_{k=1}^p \frac{|a_k(u_i) + b_k(t_i)|}{b_k}}{p},$$

где  $C^t$  – стоимость замены одной характеристики элемента базы  $u_i$ ;  $u_i$  – элемент базы;  $t_i$  – эталонный элемент;  $p$  – количество значений вектора одной характеристики;  $a_k$  – значение вектора характеристики в определенной точке элемента базы  $u_i$ ;  $b_k$  – значение вектора характеристики в определенной точке эталонного элемента  $t_i$ .

Функция стоимости связи представлена ниже.

$$C^c(u_{i-1}, u_i) = \frac{\sum_{k=1}^q \frac{2 * |a_k(u_{i-1}) - b_k(u_i)|}{(a_k(u_{i-1}) + b_k(u_i))}}{q},$$

где  $C^c$  – стоимость связи одной характеристики элементов базы  $u_i$  и  $u_{i-1}$ ;  $u_i, u_{i-1}$  – элементы базы;  $q$  – количество значений вектора одной характеристики;  $a_k$  – значение вектора характеристики в определенной точке элемента базы  $u_{i-1}$ ;  $b_k$  – значение вектора характеристики в определенной точке эталонного элемента  $u_i$ .

Основываясь на данных функциях, вычисляем общую стоимость, суммируя полученные веса. Общая стоимость стремится к своему минимуму, так как наименьший вес в данной функции обеспечит более оптимальную звуковую последовательность.

Сравнивать элементы предложено по следующим характеристикам:

1. разница в частоте основного тона;
2. разница в энергии;
3. нестыковка различных спектральных параметров: MFCC (Mel Frequency Cepstral Coefficients).

Также есть вариант использования границы оптимальности для более быстрого получения результата. Ввиду того, что вариантов разбиения может быть очень много, и на обработку всех потратится некоторое время, предложено ввести границу оптимальности – константу, при достижении которой или же достижения значения, ниже этой константы, данная последовательность выводится сразу пользователю, если данный вариант его не устраивает, то всегда можно продолжить поиск оптимальных последовательностей [5, 6].

### Литература

1. Суффиксное дерево. Алгоритм Укконена [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://e-maxx.ru/algo/ukkonen>, своб.
2. Простое суффиксное дерево [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/258121>, своб.
3. Суффиксные деревья [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://algotlist.manual.ru/search/lrs/suffix.php>, своб.
4. Рыбин С.В. Синтез речи. – СПб.: Университет ИТМО, 2014. – 92 с.
5. Hunt A., Black A. Unit Selection in a Concatenative Speech Synthesis System Using a Large Speech Database // Proceedings of ICASSP. – 1996. – V. 96. – P. 373–376.
6. Чистиков П.Г., Рыбин С.В. Проблемы естественности речевого сигнала в системах синтеза // Компьютерные инструменты в образовании. – 2011. – № 1. – С. 22–30.

УДК 338

### ПРОИЗВОДСТВО ИННОВАЦИОННОГО ПРОДУКТА КАК ОБЪЕКТ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Полякова Ю.Д.<sup>1</sup>

Научный руководитель – к.э.н., доцент Пришибилович Т.Б.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе были определены основные принципы и элементы системы финансирования инноваций. Рассмотрены типы инновационных затрат и основные источники финансирования инновационного продукта, а также были выявлены основные проблемы, препятствующие инновационному развитию предприятий. В результате были сформулированы рекомендации, направленные на обеспечение финансирования инновационной деятельности предприятия.

**Ключевые слова:** финансирование, промышленное предприятие, инновационная стратегия, инновационный проект, жизненный цикл.

Инновационная деятельность на производстве должна являться приоритетным направлением деятельности любого промышленного предприятия в условиях инновационной экономики, специфика которой заключается в постоянном технологическом совершенствовании и обновлении производства на основе непрерывного, ускоряющегося потока инноваций, производства новых высокотехнологичных видов продукции. В условиях инновационной экономики происходит ускорение внедрения достижений научно-технического прогресса в промышленность, технологическое совершенствование производства и обновление новых видов продукции. На предприятии инновационная деятельность состоит в выпуске новой или усовершенствованной продукции, а также в освоении новых прогрессивных технологий. Предприятиям следует постоянно внедрять новые формы хозяйственной деятельности, контролировать систему эффективного использования ресурсов, а также производить реструктуризацию производства. Инновационная деятельность на предприятии представляет собой комплекс совокупных механизмов и операций, в том числе технологические, организационные,

научные, коммерческие и финансовые, и именно в своем комплексе они приводят к инновациям. Осуществление любых инновационных процессов тесно связано с финансовой поддержкой и обеспечением. Любое предприятие может столкнуться с проблемой недостаточности финансовых средств для своего развития. В основе финансирования инновационной деятельности лежит вложение денежных средств в инновационный проект, которое предприятие может осуществлять за счет внутренних и внешних источников. Как правило, реализация большей части предпринимательских идей осуществляется в формате инновационных проектов и программ.

**Целью работы** является определение сущности инновационных проектов на предприятии и особенностей их финансирования.

Реализация проектов и разработок, основанных на инновациях важная составляющая развития предприятия, дающая возможность решить актуальные проблемы производства. Любой инновационный проект сопровождается определенной целью, в основном сохранить продукцию на рынке, расширить объемы производства и улучшить качество продукции, запустить совершенно новую продукцию и решить какие-либо социальные и экономические задачи.

Инновационный проект представляет собой систему взаимосвязанных целей и средств их достижения. Это комплекс научно-исследовательских, опытно-конструкторских, производственных, организационных, финансовых, коммерческих и других мероприятий, соответствующим образом организованных (увязанных по ресурсам, срокам и исполнителям), оформленных комплектом проектной документации. Инновационный проект должен обеспечить эффективное решение конкретной научно-технической задачи (проблемы), выраженной в количественных показателях и приводящей к инновации. Итогом разработки инновационного проекта служит документ, включающий в себя подробное описание инновационного продукта, обоснование его жизнеспособности, необходимость, возможность и формы привлечения инвестиций, сведения о сроках исполнения, исполнителях и учитывающий организационно-правовые моменты его продвижения.

Реализация инновационного проекта – процесс по созданию и выведению на рынок инновационного продукта. На пути накопления финансовых ресурсов предприятие сталкивается с некоторыми препятствиями. Во-первых, производство планируемой инновации – это рискованный процесс, с непрогнозируемыми будущими доходами, особенно если финансирование проекта осуществляется из собственных средств. Во-вторых, если финансирование планируется за счет заемных средств, кредиторы должны быть убеждены, что инновационный проект обладает достаточно высоким потенциалом, в силу неопределенности срока получения ожидаемой прибыли [1]. В зависимости от целенаправленности различают следующие типы инновационного производства:

- производство с применением инновационных технологий и оборудования;
- производство инновационных продуктов по эксплуатационным и техническим параметрам.

Последний тип инновационного производства требует наибольшего объема финансовых ресурсов, поскольку предполагает не только создание новой материально-технической базы, но и полного комплекса маркетинга, включая исследование рынков закупок и продаж, позиционирование продукта и его продвижение на рынок. Процесс инновационного производства состоит из трех этапов:

1. этап создания инновационного производства;
2. этап освоения инновационного производства;
3. этап развернутого инновационного производства.

Этапы создания и освоения производства финансируются в проектной форме, поэтому требуют разработки специального бизнес-плана инновационного проекта с

целью привлечь средства сторонних инвесторов [2]. Созданию условий эффективного финансирования на этапах создания и развернутого инновационного производства способствует соответствие показателей бизнес-плана инновационного проекта представлениям инвесторов о надежности и доходности их вложений. Грамотно составленный инновационный проект, в конечном счете, должен содержать ответ на вопрос: стоит ли вкладывать инвестиции в него и принесет ли данный проект прибыль, которая окупит все затраты? Составление инновационного проекта в соответствии со всеми требованиями и проведение специальных расчетов поможет заранее предвидеть будущие проблемы и понять, насколько они преодолимы. Основной целью инновационного проекта у любого инвестора является максимизация прибыли от вложений. Если инвестируются социальные проекты, то инвестор предполагает последующее увеличение прибыли на производствах вследствие улучшения социальных условий работников.

Источники финансирования инновационной деятельности предприятий подразделяются на внешние и внутренние. Внешнее финансирование подразумевает привлечение и использование средств государства, финансово-кредитных организаций, отдельных граждан и нефинансовых организаций. Внутреннее финансирование осуществляется за счет собственных и приравненных средств предприятия. Основными источниками являются бюджетные средства, внебюджетные фонды, собственные средства.

Инновационной деятельности предприятия присущ значительный уровень риска и неопределенности, необходимо отметить основные принципы финансирования инноваций:

- целесообразность и четкая целевая ориентация;
- логичность и обоснованность применяемых методов и механизмов;
- множественность источников финансирования;
- практичность использования и охват максимально широкого спектра технологических и технических направлений;
- гибкость и адаптивность в условиях изменяющейся среды.

Каждая инновация нуждается в значительном объеме инвестиций и чем сложнее она технологически, тем большие расходы нужны для ее создания и внедрения. В большинстве случаев финансируются проекты, обеспечивающие выпуск высококачественной и конкурентоспособной продукции, ориентированной на достаточно емкий и проверенный рынок [3].

Для воплощения инновационной идеи необходимы финансовые ресурсы на каждом этапе жизненного цикла инновации. Исходя из этого, можно выделить следующие типы инновационных затрат:

- исследовательские затраты (направлены на проведение прикладных и фундаментальных исследований, опытно-конструкторских разработок и создания конечного продукта для внедрения на рынок);
- производственные затраты (направлены на создание первой партии готового продукта, расширение производства и его ассортимента, модернизацию основных средств и введение новых производственных процессов);
- маркетинговые затраты (связаны с исследованием инноваций и их внедрением в практическую деятельность).

В целом – это стандартные затраты предприятия на проведение маркетинга и увеличение уровня продаж. Однако инновационный товар обладает своими особенностями в процессе реализации, так как потребителю необходимо объяснить его назначение и особенности. На рисунке представлено использование инновационных затрат на протяжении всего жизненного цикла инновационного проекта.

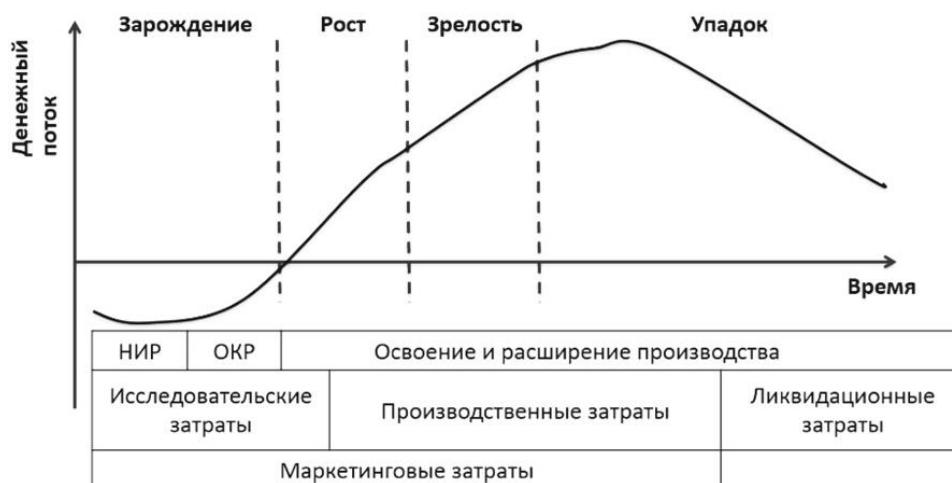


Рисунок. Инновационные затраты по стадиям жизненного цикла проекта

Инновационная специфика производственного финансирования обуславливается тем, что оно осуществляется на периодах жизненного цикла продукта, характеризующееся высокой динамикой затрат и результатов. Стадия роста характеризуется резким ростом объемов продаж и производства, что увеличивает доход и прибыль предприятия, однако вместе с тем, увеличивает и издержки производства, поэтому потребность в финансировании остается и на данной стадии. Важно постоянно и оперативно регулировать цены и издержки, чтобы сохранить заданный уровень рентабельности продукта и положение на рынке. Стадия зрелости продукта характеризуется снижением темпов роста издержек и прибыли, соответственно, финансовые потребности предприятия стабилизируются и позволяют повышать план годового бюджета. Производственное финансирование характеризуется регулярным обеспечением предприятия, производящего инновационный продукт финансовыми ресурсами. Основными источниками финансирования на этапе производства инновационного продукта являются:

- выручка от реализации инновационного продукта;
- займы и кредиты у финансово-кредитных организаций;
- эмиссия долговых ценных бумаг;
- лизинг оборудования [2].

Высокие шансы получить финансирование и у инноваций-имитаций, которые совершенствуют, дополняют, замещают или вытесняют уже существующий продукт. Развитие инновационной деятельности предприятия зависит не только от источников и объема финансирования, но и от внутренней политики самого предприятия [4, С. 57]. Предприятия могут внедрять в производство новые инновационные решения или использовать ранее приобретенные технологии. Для реализации поставленных инновационных задач предприятие выбирает оптимальную стратегию инновационного развития, которая должна соответствовать его производственным и финансовым возможностям.

Можно выделить ряд проблем, сдерживающих инновационное развитие промышленных предприятий. Во-первых, низкая инвестиционная и кредитная привлекательность отраслей промышленности, в силу длительного производственного цикла. Во-вторых, недостаток технологического оснащения производства и недостаток высококвалифицированных специалистов в инженерной и научной сферах на предприятии. Для эффективного развития инновационного производства следует накапливать собственный интеллектуальный потенциал, находить новые технологии и объекты, что позволит усилить инновационную составляющую и повысить устойчивость к воздействующим источникам внешней среды.

### Литература

1. Серёмина Р.Н. Инновационные процессы как объект инвестирования // Молодой ученый. – 2016. – № 19. – С. 513–515.
2. Голубев А.А. Экономика и управление инновационной деятельностью: учебное пособие. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2012. – 119 с.
3. Волкова С.А., Волкова Т.А. Инновационная деятельность в современной России // Экономика. Инновации. Управление качеством. – 2015. – № 4(13). – С. 49–50.
4. Орлова Т.В. Тенденции развития инновационного потенциала предприятия машиностроительного комплекса // Экономические науки. Саратовский государственный технический университет. – 2014. – № 4(04). – 126 с.

#### УДК 004.85

### ГЛУБОКАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБРАЩЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА К АВТОМАТИЧЕСКОЙ ДИАЛОГОВОЙ СИСТЕМЕ

Пугачев А.А.<sup>1</sup>

Научный руководитель – д.т.н., доцент Карпов А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

Работа выполнена в рамках темы НИР № 616029 «Разработка и исследование методов и алгоритмов распознавания эмоционального и психофизического состояния человека по многомодальным данным».

В работе была описана архитектура нейронной сети, позволяющая, анализируя акустические характеристики речи, с высокой точностью определить, обращается ли пользователь к системе. **Цель работы** – создание глубокой нейронной сети, способной анализировать акустические характеристики речи пользователя и присваивать всему высказыванию метку о том, говорит ли пользователь с системой.

**Ключевые слова:** нейронная сеть, диалоговая система, определение адресата, глубокое обучение.

На сегодняшний день получают большую популярность системы на основе автоматического распознавания речи. Такие системы пока еще недостаточно развиты для того, чтобы человек мог свободно с ними общаться – ему приходится четко выговаривать все слова, делая длительные паузы между ними. Тем не менее, такие системы уже сейчас показывают свою эффективность и удобство в использовании.

Многие компании создают на основе технологий распознавания речи свою продукцию: например, компания Google создала систему «О'Кей, Google», которая реагирует на словосочетание «О'Кей, Google» и оформляет запрос, следующий после этого словосочетания для поиска в Интернете. Аналогичные технологии имеются у Apple, Microsoft и др.

подавляющее большинство технологий голосового взаимодействия между человеком и компьютером используют контрольные слова. Данный подход является наиболее простым и достаточно эффективным, но порождает недоверие пользователя к подобным системам – например, в случае автоматизации колл-центров пользователь отказывается от помощи компьютера и просит соединить его с человеком.

Небольшим шагом к решению проблемы недоверия пользователя к автоматическим диалоговым системам является создание системы, реагирующей не на контрольное слово, а на тему высказывания человека, на то, как он произносит высказывание и смотрит ли он на монитор при его наличии.

В работах [1, 2] используется данный подход. В работе [1] есть четыре базы данных – две с взаимодействием между компьютером и человеком и две с взаимодействием между двумя людьми.

Первым методом анализа текста в данной работе является создание языковой модели на основе  $N$ -грамм. Данная модель рассчитывает вероятность появления последнего слова из последовательности  $N$  слова, при условии появления  $N-1$  предыдущих слов. Создаются две языковые модели:

1. на основе баз данных с взаимодействием между людьми  $P(w/H)$ ;
2. на основе баз данных с взаимодействием между человеком и компьютером  $P(w/C)$ .

Далее на основе полученных моделей используется формула нормализованной по длине функции максимального правдоподобия:

$$\frac{1}{|w|} \log \frac{P(w/C)}{P(w/H)},$$

где  $|w|$  – количество слов в анализируемом высказывании  $w$ .

Проблемой данного метода является наличие внесловарных слов, т.е. слов, которые не участвовали в обучении. Наличие данных слов может значительно снизить качество системы.

Для решения данной проблемы используется метод замены слов, редко встречающихся в обучающих данных, на соответствующее им название части речи [3]:

Оригинал: Let's find an Italian restaurant around this area.

После замены на части речи: Let's find an JJ NN around this area.

Слова Italian и restaurant были заменены, остальные слова встречаются в обучающих данных часто. Далее используется тот же алгоритм, что и в первом методе.

Для оценки качества полученных моделей используется метрика EER (Equal Error Rate) [4]:

$$FPR = \frac{FP}{N},$$

$$FNR = \frac{FN}{P},$$

где  $FPR$  – частота неправильно классифицированных положительных элементов на выбранном кадре;  $FP$  – количество неправильно классифицированных положительных элементов на кадре;  $N$  – общее число отрицательных элементов на кадре;  $FNR$  – частота неправильно классифицированных отрицательных элементов на кадре;  $FN$  – количество неправильно классифицированных отрицательных элементов на кадре;  $P$  – общее число отрицательных элементов на кадре.

Далее для всех кадров строятся графики  $FNR$  и  $FPR$ , и их пересечение будет являться значением EER.

Результаты данной работы:

- для первого метода: EER=27,9;
- для второго метода: EER=14,625.

Система на основе определения темы высказывания человека является лучшим выбором для узкоспециализированных диалоговых систем, например, систем навигации – пользователь в подавляющем большинстве ситуаций будет запрашивать объект на карте.

Система на основе анализа акустических свойств речи показывает свою эффективность, когда система не специализирована. На данный момент такие системы все еще эффективны, но с развитием технологий автоматического распознавания речи их эффективность будет падать, так как пользователю все меньше и меньше придется подстраивать свою речь.

Системы на основе отслеживания направления взгляда могут использоваться для улучшения точности других систем, так как не на каждую систему пользователь будет смотреть, т.е. данная система слишком ситуативна и не эффективна без других систем.

Для создания подобных систем можно использовать такие методы машинного обучения, как глубокие нейронные сети. Данные методы показывают свою эффективность в областях распознавания речи, распознавания изображений, анализа текста и др.

Для создания точной системы на основе глубоких нейронных сетей необходима достаточно большая база обучающих данных.

В качестве данных для обучения нейронной сети использовался корпус SmartWeb [1]. Данный корпус содержит синхронизованные данные для текстовых, аудио и видео модальностей. В данной работе использовалась аудиочасть, так как является наиболее значимой независимой от контекста модальностью.

Признаки для нейронной сети извлекались с помощью программного обеспечения OpenSmile [2] конфигурации 2013 года. Данная конфигурация позволяет извлекать из высказывания вектор с размерностью 6373, содержащий аудиопризнаки.

Нейронная сеть разрабатывалась с помощью программного обеспечения TensorFlow [5]. Данное программное обеспечение предоставляет широкий инструментарий для разработки нейронных сетей, такие как: реализованные различные методы оптимизации, классические нейронные сети (полносвязные, сверточные, рекуррентные нейронные сети), различные методы настройки параметров сетей, возможность вычисления на графических процессорах и др.

В данной работе была реализована полносвязная нейронная сеть с входным слоем размерностью 6373 нейронов, два скрытых слоя по 3000 нейронов в каждом слое, выходной слой с двумя нейронами. В качестве метода оптимизации использовался стохастический градиентный спуск с импульсом, с параметром массы равным 0,6. Данная модификация стохастического градиентного спуска позволяет пропускать некоторые локальные минимумы, что сильно повышает точность. За функцию ошибки была взята кросс-энтропия. Параметр скорости обучения регулировался автоматически в ходе обучения: выделялся набор данных из набора для обучения в размере 10% от каждого класса. Данный набор данных использовался только для замера точности после каждой эпохи. Если на кросс-валидационной выборке после прохождения одной из эпох точность уменьшалась по сравнению с предыдущей эпохой на значение больше порогового, то параметр скорости обучения уменьшался в два раза (рис. 1, 2).

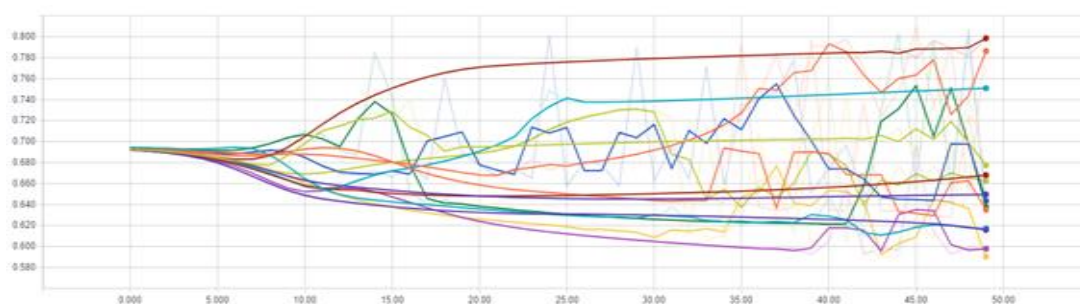


Рис. 1. 14 функций ошибок без оптимизации скорости обучения

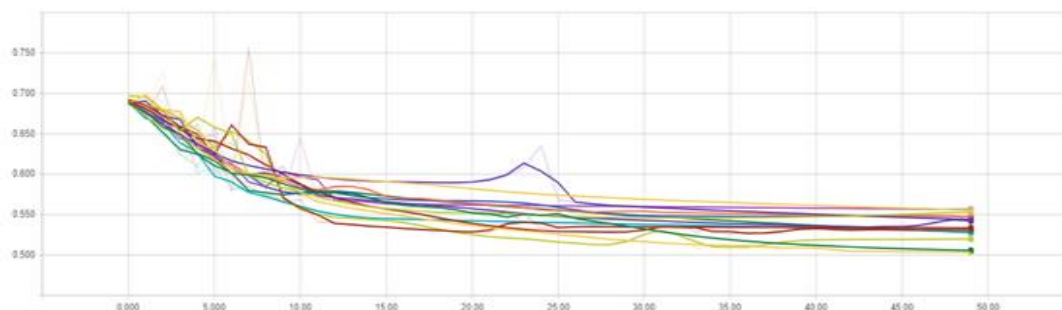


Рис. 2. 14 функций ошибок с оптимизацией скорости обучения

В качестве метрики для оценки точности классификатора использовалась  $F$ -мера, так как в случае с двумя классами, начальное значение точности – 0,5 и отклонения от



этого значения свидетельствует об улучшении результатов. Значения  $F$ -меры распределены от 0 до 1, что более наглядно и не вводит в заблуждение.

Для более точной оценки результатов классификации и настройки параметров модели были выделены две кросс-валидационные выборки. Для более точной оценки использовалась  $k$ -fold кросс-валидация с  $k$ , равным 14. Для регулирования параметров была выделена выборка из набора для обучения в размере 10%.

В результате данной работы была создана нейронная сеть с результатом  $F$ -меры 0,79, что является одним из лучших результатов анализа акустических данных по данной задаче, опубликованных на сегодняшний день. Значения точности значимо не отличаются от значений  $F$ -меры.

В ходе экспериментов была разработана глубокая нейронная сеть, показывающая высококачественный результат, используя только одну модальность. Данная нейронная сеть является устойчивой к плохой инициализации благодаря методу множественной инициализации с последующим дообучением. Результат полноты, равный 0,75, превосходит на 0,1 оригинальную систему, работающую с акустикой авторов корпуса и на 0,07 их мультимодальную систему. Судя по имеющимся графикам, представленные результаты не являются максимальными для данного метода, что дает возможность продолжать исследования. Также работа может быть продолжена в направлении использования принципиально других типов нейронных сетей, таких как LSTM, которые отлично себя зарекомендовали в задачах распознавания речи, можно проводить эксперименты с CNN, извлекая с помощью них признаки.

### Литература

1. Lee H., Stolcke A., Shriberg E. Using Out-of-Domain Data for Lexical Addressee Detection in Human-Human-Computer Dialog // Proc. NAACL. – 2013. – P. 221–229.
2. Shriberg E., Stolcke A., Ravuri S. Addressee Detection for Dialog Systems Using Temporal and Spectral Dimensions of Speaking Style // Proc. of Interspeech. – 2013. – P. 2559–2563.
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://audeering.com/technology/opensmile/>, своб.
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tensorflow.org/>, своб.
5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.phonetik.uni-muenchen.de/Bas/BasSmartKomPubliceng.html>, своб.

УДК 004.021

### ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ОБЛАСТИ ГУБ ДИКТОРА ДЛЯ МНОГОМОДАЛЬНОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ЖЕСТОВОГО ЯЗЫКА И РЕЧИ

Рюмин Д.А.<sup>1</sup>, Иванько Д.В.<sup>1</sup>

Научный руководитель – д.т.н., профессор Карпов А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе представлен метод параметрического представления области губ. Приведена подробная реализация с пояснением ключевых особенностей его применения. Вычислена средняя скорость работы предложенного метода на вычислительных машинах с разной производительностью. Отмечена универсальность, позволяющая применять параметрическое представление области губ диктора в задачах биометрии, компьютерного зрения, машинного обучения, автоматических системах распознавания лиц, речи и элементов жестовых языков.

**Ключевые слова:** жестовый язык, жесты, компьютерное зрение, машинное обучение, анализ главных компонент.

Методы параметрического представления видеосигналов относятся к методам низкого и среднего уровня обработки, так как на выходе рассчитываются информативные признаки, извлекаемые из входного видеопотока.

На вход разработанного метода подаются данные из записанных видеофайлов или непосредственно от видеокамеры. Осуществляется потоковая обработка видеокадров. Изображение каждого кадра подвергается линейному контрастированию [1]. После происходит определение графической области лица на полном изображении, с помощью алгоритма Viola-Jones [2]. Сложность нахождения лиц в кадрах обуславливается наличием различных положений и выражений лица. Затем определяется область глаз в найденной области лица при помощи обученного классификатора. Найденная область подвергается однотонному закрашиванию в черный цвет. Области носа и рта находятся при помощи классификаторов, обученных на изображениях. Остальные шаги идентичны шагам поиска глаз за исключением, что область рта не закрашивается, а преобразуется из цветного, в полутоновое изображение, а также осуществляется процесс выравнивания цветовой гистограммы [3]. Заключительные этапы метода производят:

- изменение размера изображения, которое содержит область рта;
- анализ главных компонент [4] (Principal Component Analysis, PCA) признаков;
- сохранение результатов подсчета в специальном текстовом файле.

Пошаговое выполнение метода выглядит следующим образом. Входным параметром метода является полный путь к видеофайлу в формате Audio Video Interleave (AVI). Разрешение видеокадров должно составлять не менее 640×480 пикселей в формате 24 бит и частотой от 30 Гц.

Для цифрового представления отдельно взятого пикселя любого из каналов отводится память запоминающего устройства в размере 1 Б (8 бит). Это означает, что значение яркости находится в диапазоне [0, 255]. При этом черный цвет соответствует значению 0, а белый – значению 255. Если взять за минимальную яркость черный цвет, а белый цвет – за максимальную яркость, то можно определить, насколько полученные значения отличаются от яркостного диапазона. В случае существенного расхождения сравниваемых диапазонов, изображение выглядит ненасыщенным и неприемлемым для дальнейшей цифровой обработки. В связи с этим каждая итерация цикла начинается с улучшения динамического диапазона получаемого цветного изображения (линейного контрастирования) при помощи поэлементного линейного преобразования.

Далее поиск графической области лица диктора осуществляется с помощью алгоритма Viola-Jones, который был предложен Michael Jones и Paul Viola [2]. Данный алгоритм позволяет находить различные объекты на изображении в режиме реального времени. Его основной задачей является обнаружение лиц, однако, использоваться может также и при распознавании другого рода объектов. Данный алгоритм реализован в библиотеке компьютерного зрения Open Source Computer Vision Library v3.2 (OpenCV) [5] и имеет следующие характеристики:

- изображение имеет интегральное представление, что позволяет находить необходимые объекты с высокой скоростью;
- поиск нужного объекта происходит при помощи 19 признаков Хаара;
- используется boosting – выбор наиболее подходящих признаков для искомого объекта на выбранной части изображения;
- классификатор, предварительно обученный на лицах, масштабируемых до размера 20×20 пикселей, принимает на вход признаки и выдает бинарный результат «true» или «false»;
- каскады признаков, состоящие из нескольких классификаторов, применяются для быстрого отбрасывания окон, где объект не найден.

Обучение классификатора занимает продолжительное время, но поиск объектов (лиц) происходит быстро. Кроме того, он обладает довольно низкой вероятностью ложного срабатывания, так как поиск выполняется по принципу сканирующего окна, общий вид которого выглядит следующим образом. Пусть – вся пространственная область, занимаемая изображением, которая содержит искомый объект (лицо), представлена в интегральной форме. Интегральное представление изображения в алгоритме Viola-Jones направлено на быстрый расчет суммарной яркости произвольной прямоугольной области на входном изображении. Время расчета остается неизменным по отношению к площади выбранной области.

Интегральное представление изображения – это матрица, размеры которой совпадают с размерами исходного изображения. Каждый элемент хранит сумму интенсивностей всех пикселей, расположенных левее и выше данного элемента.

Обработка занимает линейное время, которое пропорционально числу пикселей в изображении, за счет этого интегральное изображение просчитывается в один проход. Кроме того, с помощью такой интегральной матрицы за короткий промежуток времени возможно вычислить сумму пикселей прямоугольника, имеющего произвольную площадь.

Получение признаков производится с помощью фильтра Хаара. Он сравнивает яркости в двух прямоугольных областях изображения. Стандартный алгоритм Viola-Jones использует примитивы Хаара.

Библиотека компьютерного зрения OpenCV использует расширенный алгоритм Viola-Jones с дополнительными признаками.

Данные вычисления производятся, используя интегральное представление изображения, рассмотренное ранее, и позволяют определить точное значение перепадов яркости по осям  $X$  и  $Y$  соответственно.

В итоге принцип сканирующего окна базируется на следующих шагах:

1. по исходному изображению последовательно передвигается окно сканирования с шагом в 1 пиксель и размером, который равен заранее заданным значениям;
2. в каждом окне вычисляется расположение признаков с использованием масштабирования и поворота признаков в окне сканирования;
3. для разных масштабов сканирование происходит последовательно;
4. изображение остается неизменным, масштабируется только сканирующее окно (увеличивается размер окна);
5. найденные признаки передаются в качестве входного параметра каскадному классификатору, который выдает результат.

В процессе поиска вычислять все признаки нецелесообразно, так как увеличится время обработки, поэтому классификатор обучен реагировать только на определенное подмножество признаков. Данная проблема классификации в алгоритме Viola-Jones решена при помощи машинного обучения и метода Adaptive Boosting (AdaBoost, адаптивное усиление классификаторов).

Отличительной особенностью метода параметрического представления области губ является обязательное определение области лица только на первом кадре. В дальнейшем, в случае возникновения ошибки, координаты лица будут позаимствованы из предыдущей успешной операции.

Следующая операция направлена на уменьшение кадра до области с лицом. Отсечение избыточной области изображения, позволяет сократить дальнейшее время обработки.

Следующий шаг представляемого метода направлен на поиск области глаз диктора с помощью алгоритма Viola-Jones. Вместо детектора лиц используется детектор глаз, который содержит модели графической области глаз, обученные на изображениях размером  $11 \times 45$  пикселей. Данный поиск осуществляется только в том случае, если область лица успешно найдена.

Как и в случае с определением области лица, глаза необходимо найти только на первом кадре. Впоследствии, любая ошибка, приведет к заимствованию координат области глаз из предыдущей успешной операции.

Затем область глаз закрашивается в однотонный черный цвет. Такая процедура позволяет исключить случаи определения области носа в области глаз.

Далее детектор глаз заменяется детектором классификации области носа, который обучен на изображениях, размерность которых  $15 \times 18$  пикселей. Текущий поиск выполняется только в том случае, если область лица, а затем и глаз успешно найдены.

Как и в случаях с определением предшествующих областей, область носа требуется найти только на первом кадре. В случае возникновения ошибки извлечение координат для необходимой области производится из предыдущей успешной операции.

Для исключения возможности дальнейшей неверной классификации губ, область носа закрашивается однотонным черным цветом, как это было сделано ранее с областью глаз.

На заключительном этапе распознавания алгоритм Viola-Jones классифицирует область губ, используя детектор рта (обучен на изображениях  $15 \times 25$  пикселей). Данный поиск будет выполнен только в случае успешного определения всех предыдущих областей (лицо, глаза, нос). По аналогии с предшествующими действиями, область губ требуется корректно найти только на первом кадре. В случае возникновения ошибки извлечение координат для необходимой области производится из предыдущей успешной операции.

Перед подсчетом PCA-признаков области губ необходимо выполнить полутонное преобразование, которое основано на преобразовании составляющих пикселей красного, зеленого и синего каналов цветного изображения в соответствующие им значения яркости. Затем для приведения всех уровней яркости изображения к одинаковой частоте осуществить выравнивание гистограммы, результирующий вид которой должен отвечать равномерному закону распределения.

В качестве визуальных признаков, описывающих форму губ человека (визем), применены пиксельные визуальные признаки, использующие PCA визуальной области губ. Данный метод реализован в библиотеке компьютерного зрения OpenCV и применяется для сжатия информации без существенных потерь информативности. Он состоит в линейном ортогональном преобразовании входного вектора размерности в выходной вектор меньшей размерности. При этом компоненты вектора являются некоррелированными, и общая дисперсия после преобразования остается неизменной. Матрица состоит из всех примеров изображений обучающего набора. Выбор первых главных компонент разбивает векторное пространство на главное (собственное) пространство, содержащее главные компоненты, и его ортогональное дополнение. При этом в задаче анализа изображений входные вектора представляют собой отцентрированные и приведенные к единому масштабу изображения. С помощью вычисленных предварительно матриц отображения входное изображение разлагается на набор линейных коэффициентов, называемых главными компонентами. Сумма главных компонент, умноженных на соответствующие собственные вектора, является реконструкцией изображения. Для каждой графической области интереса вычисляются главные компоненты (несколько десятков), все остальные компоненты кодируют только мелкие различия между эталоном и шумом, и их можно не учитывать.

PCA-проекция вычислена предварительно из набора обучающих изображений, содержащих область рта человека. После анализа главных компонент изображения рта данный вектор будет размерностью 32 компонента.

Основное преимущество применения PCA – это хранение и поиск изображений в больших базах данных, реконструкция изображений. Возможный недостаток метода – высокие требования к условиям съемки изображений. Изображения должны быть получены в близких условиях освещенности, одинаковом ракурсе. Должна быть проведена качественная предварительная обработка, приводящая изображения к стандартным условиям (масштаб, поворот, центрирование, выравнивание яркости, отсечение фона).

Этапы работы метода параметрического представления области губ проиллюстрированы на рисунке.

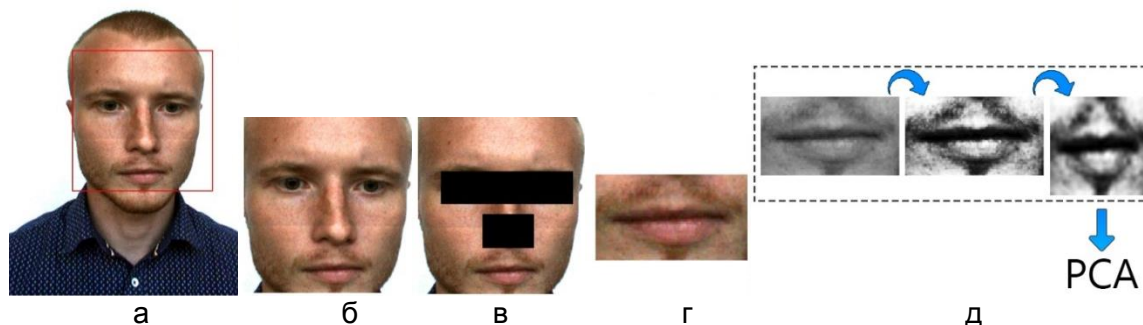


Рисунок. Определение области лица (а); уменьшения кадра до области с лицом диктора (б); однотонное закрашивание областей глаз и носа (в); определение области губ (г); нормализация области рта (д)

Вычисление средней скорости работы предложенного метода параметрического представления видеосигналов производилось на вычислительных машинах с разной производительностью, параметры которых приведены в таблице.

Таблица. Средняя скорость обработки видеок кадров на разных вычислительных системах

Процессор	Оперативная память, ГБ	Тип накопителя	Скорость обработки кадра, мс
Intel Core i7-3770K 3,5 GHz	32	HDD	≈192
Intel Core i5-4210H 2,9 GHz	4	HDD	≈419

Тестирование показало, что в среднем возможно обрабатывать видеопоследовательность до 5 кадров за 1 с.

### Литература

1. Al-amri S.S., Kalyankar N.V., Khamitkar S.D. Linear and non-linear contrast enhancement image // International Journal of Computer Science and Network Security. – 2010. – V. 10. – № 2. – P. 139–143.
2. Viola P., Jones M. Robust real-time face detection // Int. Journal of Computer Vision. – 2004. – V. 57. – № 2. – P. 137–154.
3. Yoon H., Han Y., Hahn H. Image contrast enhancement based sub-histogram equalization technique without over-equalization noise [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://waset.org/publications/15111/image-contrast-enhancement-based-sub-histogram-equalization-technique-without-over-equalization-noise>, своб.
4. Candes J., Xiaodong Li, Ma Yi, Wright J. Robust principal component analysis? // Journal of the ACM. – 2011. – V. 58. – № 3. – P. 11:1–11:37.
5. OpenCV [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://opencv.org>, своб.

УДК 004.896

**РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА  
И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗАТОПЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА  
НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

**Семыкин А.В.<sup>1</sup>**

**Научный руководитель – д.т.н., профессор Султанов Н.З.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Оренбургский государственный университет

В работе рассмотрены предмет, объект, актуальность исследований по автоматизации мониторинга затоплений территорий промышленных объектов, их теоретическая и практическая ценность, как для Оренбургской области, так и для Российской Федерации в целом. Также в работе рассмотрен экономический эффект внедрения автоматизированной системы мониторинга и прогнозирования затопления промышленных объектов.

**Ключевые слова:** затопление, подтопление, прогноз, мониторинг, нейронные сети.

Затопления и подтопления территории на протяжении всей истории человечества грозили для людей гибелью, уничтожением имущества, разрушением промышленной инфраструктуры предприятий. Потому очень важным условием сохранения жизней людей и их имущества, а также всей инфраструктуры промышленных объектов, является прогнозирование затоплений и принятие мер по ликвидации последствий данных чрезвычайных ситуаций. Однако данный вид прогнозов заставляют работать с большими объемами данных в течение весьма ограниченного времени. Кроме того, при изменении гидрологических условий может потребоваться корректировка прогнозов. При этом важно помнить: эффективность ручного труда в данных условиях низка.

Основной целью исследования являлось создание системы прогнозирования затоплений, которая будет способна решать следующие задачи:

1. наблюдение за текущим уровнем воды в естественных водоемах и гидротехнических сооружениях;
2. оценка величины затопленной территории;
3. прогнозирование дальнейшего развития затопления территории;
4. помощь в принятии решений при составлении планов эвакуации населения, оборудования и ликвидации чрезвычайных ситуаций;
5. экономическая оценка повреждений промышленной инфраструктуры и инфраструктуры населенных пунктов.

Теоретическая значимость заключалась в разработке математических и функциональных моделей процесса прогнозирования затопления, электрических принципиальных схем постов контроля, способов энергообеспечения постов контроля гидрологической ситуации, наиболее подходящие под специфику природных условий, алгоритмов опроса постов контроля и интерпретации информации, методов прогнозирования чрезвычайных ситуаций при помощи математического аппарата нейронных сетей.

Практическая ценность данных исследований заключалась:

1. в сохранении жизней персонала, работающего на промышленных объектах. Разработка системы прогнозирования позволит оперативно планировать эвакуацию персонала предприятий, находящихся в зоне затопления и гражданского населения с прилегающих территорий, которые также могут подвергнуться затоплению, необходимый объем сил и технических средств, а также затрат на эвакуацию;
2. в минимизации экономического ущерба, сокращение затрат на восстановление промышленной инфраструктуры;

3. в предотвращении затопления промышленных объектов, и, как следствие, прекращения производства важнейших товаров народного потребления (продукция черной и цветной металлургии, химических производств, машиностроения).

Объект исследования – технологический процесс прогнозирования затоплений промышленных объектов и повышение его эффективности, за счет применения средств автоматизации.

Предмет исследования – методы прогнозирования чрезвычайных ситуаций, способы повышения их эффективности путем разработки новых технических и программных средств. Основные факторы формирования паводковых ситуаций в Оренбургской области:

1. географическое положение. Оренбургская область располагается в бассейнах трех крупных рек: Урала, Волги, Тобола и бессточной территории;
2. климатические условия (большое количество осадков);
3. антропогенный фактор;
4. близость гидрологических объектов к промышленным предприятиям.

Сеть гидрометеорологических постов, действующая в настоящее время, не обеспечивает достаточного охвата по наблюдению и своевременному прогнозированию гидрологических явлений. А потому появляется идея ее расширения и автоматизации сбора и обработки информации о динамике затопления территории, с целью прогнозирования динамики затопления территорий и выработке мер по защите гражданских и промышленных объектов, эвакуации населения и снижению возможных негативных последствий.

На основе имеющихся материалов различных авторов по проблеме анализа и прогноза затоплений территории, авторами данной работы был составлен обзор существующих методов прогнозирования, выявлены их основные достоинства и недостатки.

Согласно исследованным источникам в настоящее время для прогнозирования используются следующие методы.

1. Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ). Основные преимущества использования данных дистанционного зондирования: возможность получения информации в различных спектральных диапазонах; космические снимки охватывают большие площади; высокая периодичность получения данных; возможность получить данные о труднодоступных областях; в основном все работы камеральные; возможность получать данные разного разрешения в зависимости от решаемой задачи; возможность трехмерного анализа пространственных данных.

Основные недостатки использования данных дистанционного зондирования: требуется высокая квалификация и практический опыт оператора для их обработки; неэффективны при исследовании небольших территорий; высокая стоимость программного обеспечения [1].

2. Использование геоинформационных систем (ГИС). Основные преимущества использования ГИС-систем:

- удобное для пользователя отображение пространственных данных. Картографирование пространственных данных, в том числе в трехмерном измерении, наиболее удобно для восприятия, что упрощает построение запросов и их последующий анализ;
- интеграция данных внутри организации. ГИС-системы объединяют данные, накопленные в различных подразделениях компании или даже в разных областях деятельности организаций целого региона. Коллективное использование накопленных данных и их интеграция в единый информационный массив дает существенные конкурентные преимущества и повышает эффективность эксплуатации геоинформационных систем.

В результате анализа имеющихся источников, был сделан вывод о том, что алгоритмы, лежащие в основе ГИС-систем, не позволяют осуществлять оперативное прогнозирование развития затопления территории. К примеру, в работе И.А. Шишкина [2] рассматривается ГИС-система прогнозирования наводнений на основе уже имеющихся данных, но без учета оперативного изменения гидрологической обстановки на водных объектах. Авторы настоящей работы считают, что в реальных условиях работы системы прогнозирования необходимо опираться как на данные прошлых лет, так и на оперативные данные текущего контроля. Эти данные с заданной точностью и в режиме реального времени можно получать только от стационарных объектов автоматического измерения и контроля уровня воды в водоеме. Кроме того, в основу проектирования данной ГИС-системы положены данные, которые были получены при использовании сети рукотворных мелиоративных каналов.

Основная **цель работы** – анализ и прогнозирование гидрологической ситуации на реальных водных объектах, которые могут подвергаться влиянию среды и со временем.

В работе Д.В. Чуносва [3] также предлагается система оценки риска наводнений и система мер инженерной защиты. Однако стоит отметить, что только автоматизированная система мониторинга и оценки рисков наводнений позволяет получить объективные и своевременные данные для принятия необходимых решений и составления эффективного плана ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

Также стоит отметить и тот факт, что для эффективных действий по ликвидации последствий затоплений и подтоплений необходимо осуществлять прогнозирование развития ситуации на длительный период с достаточно высокой степенью достоверности. По мнению авторов, для ускорения составления прогнозов затоплений, а также повышения их достоверности необходимо применять нейронные сети и интеллектуальные системы для более эффективного и быстрого поиска решения. Для корректировок прогноза в соответствии с текущими данными гидрологической ситуации необходимо получать достоверные и оперативные данные, и при необходимости производить автоматическую коррекцию поведения нейронной сети, ее переобучение. Проектирование подсистемы прогнозирования на основе нейронной сети будет рассмотрено далее в данной работе. Кроме того, используемый метод построения системы анализа и прогноза паводковой ситуации, в виде модуля готовой системы, как описывается Р.Р. Шарафутдиновым [4], по мнению авторов, не является оптимальным, так как фактически нарушается целостность системы сбора информации. Кроме того, продукт, описанный в работе, не может функционировать автономно и самостоятельно, что является существенным минусом.

Б.А. Новаковским, О.Н. Колесниковой, А.И. Прасоловой в статье «Геоинформационный анализ последствий катастрофических наводнений по материалам ДЗЗ» описывается комплексный метод анализа на основе геоинформационных технологий и цифровых моделей рельефа (ЦМР). В ходе анализа данного метода в настоящей работе был сделан вывод о том, что он достаточно сложен, требует большого количества вспомогательных программных средств, не дает возможности корректного прогнозирования наводнений, а лишь обеспечивает возможность моделировать развитие затопления при фактическом развитии событий. В работе А.М. Алабяна и др. [5] рассматривается построение системы прогнозирования затоплений на основе комплексного упреждающего моделирования. Однако исходные данные, по словам авторов, система будет получать от населения с помощью программных механизмов. Считаем, что для более эффективного и корректного получения исходных данных необходимо использовать методы ДЗЗ с корректировкой при помощи автоматических постов мониторинга гидрологической ситуации, которые будут описаны в данной работе.



3. Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Путем анализа литературных и интернет-источников было выявлено, что БПЛА возможно использовать для мониторинга территорий затопления.

Основные задачи БПЛА при мониторинге гидрологических объектов:

- выявление границ бассейнов, водосборов;
- моделирование процессов затопления территории во время наводнений и паводковых разливов;
- проведение мониторинга береговых линий, русловых процессов и состояния водоохраных зон; оценка ледовой обстановки, мониторинг снежного покрова.

Недостатки БПЛА:

- шумность (при применении двигателей внутреннего сгорания);
- необходимость дешифровки снимков, для получения исходных данных при осуществлении прогнозирования.

На основе сказанного выше, авторами для дальнейшего использования в исследованиях был выбран метод прогнозирования затоплений территорий с применением автоматических постов мониторинга, и использованием, при необходимости, данных ДЗЗ. В качестве инструментов исследования были использованы методы статистического и вероятностного анализа, математический аппарат нейронных сетей. В качестве средства прогнозирования предложен математический аппарат нейронных сетей. В результате выполнения текущей работы был спроектированы и реализованы действующие прототипы программного обеспечения системы прогнозирования, создан прототип поста контроля гидрологической ситуации. Спроектирован и создан опытный образец подсистемы энергообеспечения на основе элементов солнечных батарей, позволяющий обеспечить эффективное электроснабжение постов контроля, и снизить расходы на техническое обслуживание.

Изучен экономический аспект создания системы «с нуля», проведен расчет эффективности и экономической целесообразности создания новой системы прогнозирования затоплений. Сравнительный анализ показал, что стоимость обслуживания, даже при регулярном возникновении неисправностей в автоматизированной системе мониторинга, на 17,23% ниже, чем при работе групп наблюдения. При плановом же режиме работы системы, экономия составит 71,24% фонда, запланированного на техническое обслуживание и заработную плату. Также в ходе исследований была осуществлена оценка затрат на систему прогнозирования, и выявлены резервы снижения стоимости системы. Так, применение датчиков новой конструкции поможет сэкономить 69,6% стоимости материалов.

Для полного внедрения системы в практику, при наличии готовых образцов оборудования потребуется 19 месяцев (1,5 года). Основные результаты исследований доложены, обсуждены и одобрены на конференциях: «Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии» (Оренбург, 2015), «Академическая наука: проблемы и достижения» (North Charleston USA, 2015), «Инновационные технологии в науке и образовании: Международная научно-практическая конференция (Чебоксары, 2016), опубликованы в журнале «Интеллект. Инновации. Инвестиции» (№ 5, 2016). В процессе исследований были получены опытные образцы датчиков для системы прогнозирования, спроектирован и создан опытный образец управляющей программы микроконтроллера для поста мониторинга. Получен опытный образец серверного программного обеспечения для сбора данных с постов мониторинга. Создан опытный образец системы хранения первичных данных на основе СУБД MS SQL Server.

В ходе дальнейшей реализации проекта, авторами планируется создать программную реализацию аппарата прогнозирования и процедуру визуализации результатов прогнозирования, а также процедуру оценки предполагаемого материального ущерба от затопления территорий.

### Литература

1. Султанов Н.З., Семькин А.В. Система прогнозирования затоплений // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2016. – № 5. – С. 91–96.
2. Шишкин И.А. Геоинформационная система оценки состояния инженерных сооружений защиты территорий от подтопления: дис. на соиск. уч. степени канд. техн. наук. – СПб, 2014. – 172 с.
3. Обоснование мероприятий по защите от подтопления урбанизированных территорий на основе теории риска: дис. на соиск. уч. степени канд. техн. наук. – М.: Науч.-исслед. ин-т ВОДГЕО, 2012. – 133 с.
4. Шарафутдинов Р.Р. Обработка пространственной информации об объектах речной сети для определения характеристик подтопления промышленных объектов при паводках: дис. на соиск. уч. степени канд. техн. наук. – Уфа, 2009. – 149 с.
5. Алабян А.М., Зеленцов В.А., Крыленко И.Н., Потрясаев С.А., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Оперативное прогнозирование наводнений на основе комплексного упреждающего моделирования и интеграции разнородных данных // Тр. СПИИРАН. – 2015. – V. 41. – P. 5–33.

УДК 535.313, 535.317

#### РАЗРАБОТКА И РАСЧЕТ СХЕМЫ КОНТРОЛЯ ФОРМЫ ВОГНУТОЙ ОТРАЖАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ПАРАБОЛОИДА ВРАЩЕНИЯ ГЛАВНОГО ЗЕРКАЛА ОБЪЕКТИВА ТЕЛЕСКОПА

Синицина Ю.С.<sup>1</sup>, Точилина Т.В.<sup>1</sup>

Научный руководитель – к.т.н., доцент Точилина Т.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

Положив в основу абберационные свойства линзовых элементов, показана логика построения возможных композиций оптических систем однолинзового предфокального компенсатора в схеме контроля вогнутой отражающей поверхности параболоида вращения и предложена инженерная последовательность его параметрического синтеза.

**Ключевые слова:** главное зеркало объектива телескопа, компенсатор в схеме контроля главного зеркала телескопа, контроль вогнутых несферических поверхностей, параметрический синтез компенсатора.

Для контроля формы отражающей поверхности параболоида вращения выбран компенсационный метод [1, 2]. Идея контроля вогнутой отражающей поверхности параболоида вращения в схеме с линзовым компенсатором впервые была высказана и практически осуществлена академиком АН СССР В.П. Линником в 1921 году. В дальнейшем идея контроля компенсационным методом была развита в работах Д.Д. МаксUTOва, А. Кудэ, Х.Е. Дела, Ф.Е. Росса, А. Оффнера, профессора Д.Т. Пуряева и других авторов.

Сущность компенсационного метода контроля заключается в том, что с помощью дополнительного оптического элемента (компенсатора) сферический (в частном случае, плоский) волновой фронт преобразуется в несферический, эквидистантный номинальной форме контролируемой несферической поверхности [2] и, в конечном счете, совпадающий с ней. На рисунке показано взаимное положение компенсатора 1 и контролируемой несферической поверхности 2; центр кривизны  $C_0$  в осевой точке несферической поверхности совмещен с параксиальным изображением  $A'_{и0}$  точечного источника света  $A_{и}$ , образованного компенсатором. Точки  $A_{и}$  и  $A'_{и0}$  расположены на оптической оси компенсатора, которая совпадает с осью симметрии несферической поверхности. Расходящийся пучок световых лучей, излучаемый точечным источником  $A_{и}$ , преобразуется компенсатором в пучок лучей, направленных по нормальям к

несферической поверхности. Отразившись от последней, лучи света повторяют свой путь в обратном направлении и по выходе из компенсатора в идеальном случае образуют дифракционное изображение точки.

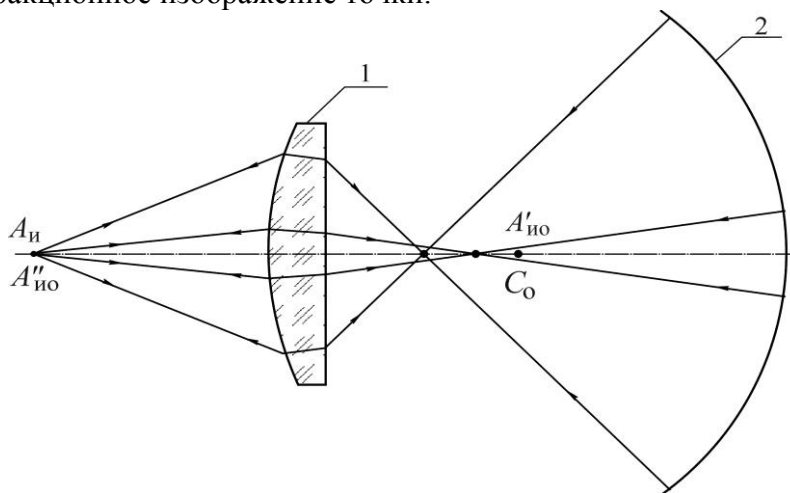


Рисунок. Схема компенсационного метода контроля несферических поверхностей

Компенсатор, расположенный между точечным источником излучения и центром кривизны в осевой точке (в вершине) несферической поверхности принято называть зафокальным, а компенсатор, расположенный между центром кривизны и осевой точкой (вершиной) несферической поверхности принято называть предфокальным. Рассмотрим возможные варианты применения в качестве предфокального компенсатора отдельной линзы в воздухе.

Предположим, что линза, применяемая в качестве компенсатора, представляет собой афокальный мениск, т.е. мениск, оптическая сила которого  $\varphi_M = 0$ . Афокальный мениск с помощью углов, образованных осевым виртуальным (нулевым) лучом с оптической осью, запишем в виде:

$$\beta_1 = 0 \quad n_1 = 1$$

$$\beta_2 = \beta \quad d_1 = d \quad n_2 = n$$

$$\beta_3 = 0 \quad n_3 = 1.$$

Применив формулу

$$r_i = y_i \frac{n_{i+1} - n_i}{n_{i+1}\beta_{i+1} - n_i\beta_i}, \quad (1)$$

находим, что радиусы кривизны поверхностей афокального мениска равны:

$$r_1 = (n-1)y_1 / (n\beta) \quad (2)$$

$$r_2 = (n-1)y_2 / (n\beta). \quad (3)$$

В соответствии с формулой  $y_{i+1} = y_i - \beta_{i+1}d_i$  находим, что  $y_2 = y_1 - \beta d$ . При этом, применив выражения (2) и (3), получаем

$$r_1 - r_2 = (n-1)d / n. \quad (4)$$

Пусть осевая точка предмета расположена на расстоянии  $s$  от первой поверхности мениска. При этом поперечное увеличение изображения, образованного афокальным мениском, определится формулой:  $V = y_2 / y_1$ . Применив формулы (2) и (3), получаем

$$V = r_2 / r_1. \quad (5)$$

При конечном расстоянии от мениска до осевой точки предмета с помощью углов  $\alpha_i$  мениск можно записать в виде:

$$\alpha_1 = V \quad n_1 = 1$$

$$\alpha_2 = \alpha \quad d_1 = d \quad n_2 = n$$

$$\alpha_3 = 1 \quad n_3 = 1.$$

При этом радиусы кривизны поверхностей афокального мениска в соответствии с формулой (1) равны:

$$r_1 = (n-1)h_1 / (n\alpha - V) \quad (6)$$

$$r_2 = (n-1)h_2 / (1 - n\alpha). \quad (7)$$

Применив выражения (4) и (5), получаем

$$r_1 = \frac{n-1}{n} \frac{d}{1-V}. \quad (8)$$

Тогда из формулы (6) находим, что

$$h_1 = \frac{n\alpha - V}{1-V} \frac{d}{n}. \quad (9)$$

Высота  $h_2 = h_1 - \alpha d$ . Применив формулу (8), получаем

$$h_2 = V \frac{n\alpha - 1}{1-V} \frac{d}{n}. \quad (10)$$

Заметим, что высота  $h_1 = sV$ . Приравняв правые части этого выражения и формулы (9), находим, что угол  $\alpha$  определяется формулой:

$$\alpha = \frac{V}{n} \left( 1 + \frac{1-V}{d} ns \right). \quad (11)$$

Выражение (8) позволяет это выражение представить в виде:

$$\alpha = \frac{V}{n} \left( 1 + \frac{n-1}{r_1} s \right). \quad (12)$$

При принятом условии нормировки величин (при  $\alpha_3 = \alpha' = 1$ ) первичная продольная сферическая aberrация определяется выражением

$$\delta s' = -\frac{1}{2} \omega'^2 S_1, \quad (13)$$

$$\text{где } S_1 = \frac{d}{(n-1)^2} \left[ n\alpha^4 - 2 \frac{n^3-1}{n-1} V\alpha^2 + (n+1)^2 V(1+V)\alpha - V(1+V)^2 + nV^2 \right] + \frac{(n\alpha - V)^4}{(n-1)^2 (1-V)} \frac{d}{n} \left[ \sigma_1 - V \frac{(n\alpha - 1)^4}{(n\alpha - V)^4} \sigma_2 \right], \quad (14)$$

где  $\sigma_i$  – коэффициент деформации поверхности в уравнении:  $x^2 + y^2 = 2rz - (1 + \sigma)z^2$ ;  $\sigma_i = -e_i^2$ ;  $e_i$  – эксцентриситет кривой второго порядка, образующей поверхность вращения [3].

Пусть требуется вычислить значения параметров компенсатора (афокального мениска) для контроля отражающей поверхности параболоида телескопа БТА диаметром  $D_p = 6$  м;  $r_0 = -48$  м. В качестве материала мениска выбираем стекло марки ТК16. Показатель преломления стекла  $n$  при длине волны излучения гелий-неонового лазера  $\lambda = 632,8$  нм равен 1,61048 [4].

Угловой размер параболоида, наблюдаемого из его центра кривизны, определяется формулой  $2\text{tg}\varphi = D_p / r_0$ . В рассматриваемом случае  $2\text{tg}\varphi = 1/8$ . При визуальном наблюдении такая угловая величина интерференционной или теневой картины

поверхности представляется достаточно малой. При наблюдении в схеме с компенсатором при  $V = n$  эта величина становится равной  $2\omega = 2\varphi/n \approx 1/5$ . При этом в соответствии с формулой (8) радиус кривизны первой поверхности  $r_1 = -d/n$ . Пусть  $d = 100n = 161,048$  мм. Тогда  $r_1 = -100$  мм. Применяя формулу (5), получаем  $r_2 = -161,048$  мм.

Вполне очевидно, что поперечное увеличение изображения предмета не зависит от положения афокального мениска относительно центра кривизны в осевой точке параболоида. Пусть расстояние от второй поверхности компенсатора до центра кривизны в осевой точке параболоида  $s' = -1200$  мм. Тогда диаметр световой зоны на второй поверхности компенсатора  $D_{k2} = -2s'tg\varphi = 150$  мм. Соответственно высота  $h_2 = s'\alpha' = s' = -1200$  мм. При этом из формулы (10) следует, что  $\alpha = \frac{d - (n-1)h_2}{nd} = 3,44544$ . Высота  $h_1 = h_2 + \alpha d = -645,119$  мм. Но  $h_1 = s\alpha$ . Отсюда следует, что  $s = h_1/\alpha = -187,238$  мм. Диаметр световой зоны на первой поверхности компенсатора  $D_{k1} = h_1 D_{k2}/h_2 = 80,640$  мм.

Пусть коэффициенты  $\sigma_1 = 0$  и  $\sigma_2 = 0$ . Тогда при  $V = n$  выражение (14) принимает вид:

$$S_1 = \frac{nd}{(n-1)^2} \left[ \alpha^4 - 2 \frac{n^3-1}{n-1} \alpha^2 + (n+1)^3 \alpha - n \frac{n^3-1}{n-1} \right]. \quad (15)$$

Подставив в это выражение значения соответствующих величин, получаем  $S_1 = 48907,458$ . При этом в соответствии с выражением (13) при  $\omega' = \frac{D_p}{2r_0} = \frac{1}{16}$  получаем:  $\delta s'_k = -95,522$  мм. При том же значении апертурного угла разброс точек пересечения нормалей к параболоиду с оптической осью равен  $\delta s_p = -93,75$  мм. В компенсационной схеме при  $\omega' = \varphi$  должно соблюдаться условие:  $\delta s'_k(\omega') = \delta s_p(\varphi)$ . Этого равенства можно достичь, изменяя толщину компенсатора и повторяя расчет. В результате расчета была получена оптическая система схемы контроля, конструктивные параметры которой приведены в табл. 1, а остаточные aberrации – в табл. 2.

Таблица 1. Конструктивные параметры оптической системы схемы контроля

Радиусы кривизны поверхности, мм	Осевые расстояния, мм	Марки стекол
-70,776	113,98	TK16
-113,984	47155,40	Воздух
-48000A	-47155,40	Зеркало
-113,984	-113,98	Воздух
-70,776		TK16

Таблица 2. Aberrации осевого пучка лучей при передней числовой апертуре  $\sin \omega = 0,1165$

H, мм	Продольные aberrации, мм	Поперечные aberrации, мм	Tg'·100	Волновые aberrации, дл. волн	Неизопл., %
33,0	11,3	-1,29	-11,40	0,0191	-1,180
28,6	3,44	-0,347	-10,10	15,5000	-0,682
23,4	-2,22	0,184	-8,31	16,3000	0,599
16,5	-3,96	0,232	-5,87	6,8300	1,250
0,000	0,00000	0,000000	0,000	0,0191	-1,180

Волновая aberrация в изображении, образованном разработанной оптической системой, близка к нулю на краю осевого пучка лучей, однако весьма велика для зональной части пучка. С целью уменьшения остаточных aberrаций заменим сферическую форму одной из поверхностей компенсатора несферической. Рассмотрим последовательность расчета параметров такого мениска, одна из поверхностей которого определяется уравнением второго порядка. В качестве материала мениска выбираем стекло марки БК8. Показатель преломления стекла  $n$  при длине волны излучения гелий-неонового лазера  $\lambda = 632,8$  нм равен 1,54494 [4].

Пусть  $r_1 = s$ . В этом случае  $\alpha = V$ . Высота  $h_2 = \alpha's'_0 = s'_0$ . При этом  $h_1 = h_2 + \alpha d = s'_0 + Vd = sV = r_1V = \frac{n-1}{n} \frac{V}{1-V} d$ . Отсюда следует, что  $s'_0 + Vd = \frac{n-1}{n} \frac{V}{1-V} d$ . Это выражение легко преобразовать в уравнение  $nV^2d - (d - ns'_0)V - ns'_0 = 0$ . При  $d = 0$ :  $V = 1$ . При  $d \neq 0$  это уравнение можно записать в виде:  $V^2 - \frac{d - ns'_0}{nd} V - \frac{s'_0}{d} = 0$ . Из двух решений этого уравнения выбираем решение, определяемое выражением:

$$V = \frac{d - ns'_0}{2nd} \left[ 1 - \sqrt{1 + \frac{4n^2 s'_0 d}{(d - ns'_0)^2}} \right]. \quad (16)$$

Было показано, что при  $s'_0 = -1200$  мм диаметр световой зоны на второй поверхности компенсатора  $D_{k2} = 150$  мм. При этом толщину афокального мениска принимаем равной  $d = 25$  мм. Подставив значения соответствующих величин в формулу (16), получаем  $V = \alpha = 1,0075628$ . Тогда  $r_1 = s = \frac{n-1}{n} \frac{d}{1-V} = -1165,989$  мм;  $r_2 = Vr_1 = -1174,807$  мм. В этом случае расстояние от второй поверхности мениска до осевой точки контролируемой поверхности  $d_0 = s'_0 - r_0 = 46800$  мм.

При этом одна из поверхностей компенсатора должна иметь несферическую форму. В соответствии с формулой (14) находим, что в рассматриваемом случае при сферической форме второй поверхности (при  $\sigma_2 = 0$ ) коэффициент деформации первой поверхности  $\sigma_1 = -73,3$ . Конструктивные параметры компенсатора и остаточные aberrации в образованном им изображении осевой точки приведены в табл. 3 и в табл. 4.

Таблица 3. Конструктивные параметры

Радиусы кривизны поверхности, мм	Осевые расстояния, мм	Марки стекол
-1165,989A1	25,00	БК8
-1174,807	46800,00	Воздух
-48000A2	-46800,00	Зеркало
-1174,807	-25,00	Воздух
-1165,989A1		БК8

Таблица 4. Остаточные aberrации в изображении осевой точки при передней числовой апертуре  $\sin \omega = 0,068$

H, мм	Продольные aberrации, мм	Поперечные aberrации, мм	Tg'·100	Волновые aberrации, дл. волн	Неизопл., %
79,5	-0,05260	-0,0036	6,82	-0,0000019	-0,00350
68,8	-0,08680	-0,0051	5,90	0,07480	-0,00610
56,2	-0,00245	-0,12·10 <sup>-3</sup>	4,82	0,12200	-0,00026
39,7	0,09860	0,0034	3,41	0,07300	0,00767

Из табл. 4 следует, что остаточные аберрации не превышают предельно допустимых величин, что позволяет рекомендовать данный компенсатор для контроля формы поверхности главного зеркала объектива телескопа БГА.

### Литература

1. Пуряев Д.Т. Методы контроля оптических асферических поверхностей. – М.: Машиностроение, 1976. – 262 с.
2. Зверев В.А., Кривоустова Е.В. Опотехника несферических поверхностей. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2006. – 203 с.
3. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. – М.: ГИТТЛ, 1957. – 609 с.
4. Каталог «Оптическое стекло (Optisches Glas)» СССР (DDR). – М.: Машприборинторг. Jena. Jenaer Glaswerk Schott, 1980. – 611 с.

УДК 004; 681; 658.512.2

### ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ (КОМПЛЕКСОВ)

Столяров А.И.<sup>1</sup>

Научный руководитель – д.т.н., профессор Гатчин Ю.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

Исследованы структурные особенности наиболее сложного вида промышленного изделия – комплекса, обоснована его сложность. Показано, что создание комплекса является сложной технической и организационной задачей. Сложность комплекса вызывает сложность его описания. Обоснована и показана роль аналогов комплекса и их влияние на процесс проектирования. Обосновывается вывод, что наиболее часто комплекс проектируется в неоднородной среде. Многофакторным анализом обоснована большая фактическая продолжительность работ по проектированию комплекса. Результаты исследований позволяют повысить качество и эффективность работы системы автоматизированного проектирования сложных изделий типа комплекс.

**Ключевые слова:** комплекс, сложное изделие, связь, САПР, основные изделия, составные части.

**Введение.** Устоять в конкурентной борьбе, создавать высоконаучные и технические сложные изделия, выдержать требования времени, достигнуть высокие экономические показатели могут только те предприятия, которые обладают наилучшей организацией труда и способны выполнить основные требования современного производства. К этим требованиям можно отнести: выпуск продукции на основе передовых достижений мировой науки, техники и технологии, высокое качество, соответствие жестким требованиям потребителей, самые сжатые сроки выпуска, низкая себестоимость, высокая надежность, ремонтпригодность, высокий ресурс работы, минимальные эксплуатационные затраты.

При реализации этих требований, особенно применительно к сложным изделиям (комплексам), возникают проблемы, которые определяют особенности систем автоматизированного проектирования (САПР) этих изделий.

В этой связи актуальными является вопрос определения и анализа этих особенностей с целью повышения эффективности работы САПР комплексов.

**Комплекс как объект проектирования.** Из всех видов изделий комплекс единственный может содержать комплексы нижних ступеней вхождения, сборочные единицы, детали и комплекты (рис. 1 [1] и рис. 3 [2]).

Комплекс структурно и функционально является наиболее сложным видом изделия. Такая сложность предопределяется особой сложностью и противоречивостью задач, которые комплекс должен выполнять при эксплуатации, что невозможно реализовать даже сложной сборочной единицей.

Комплекс создается из большого набора конструктивно-, функционально- и эксплуатационно-законченных специфицированных основных изделий, которые, в свою очередь, также состоят из «своих» составных частей (деталей и сборочных единиц) (рисунок).

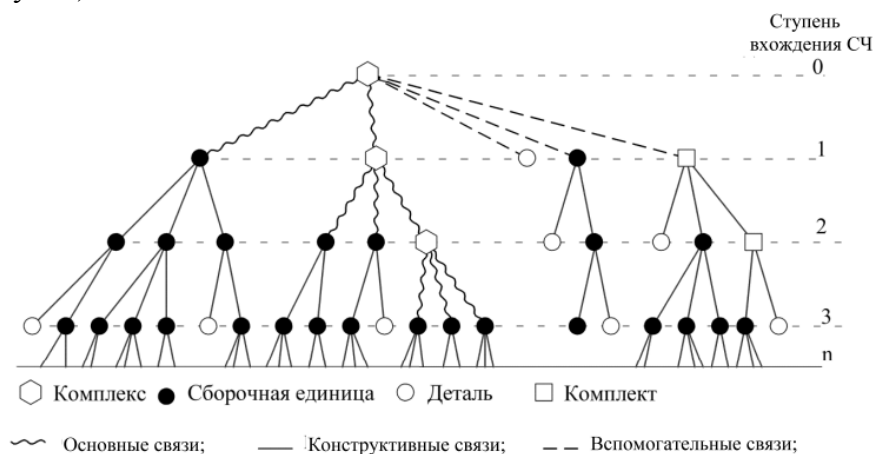


Рисунок. Электронная структура комплекса в виде графа

Специфицированные основные изделия, являясь относительно самостоятельными, объединены в комплексе взаимосвязанными эксплуатационными функциями, которые задаются заказчиком. Эти основные изделия также являются сложными изделиями со своими индивидуальными характеристиками, внутренней структурой и связями. Создаются они, как правило, различными специализированными производителями, отраслями промышленности, на государственном и даже межгосударственном уровне.

Сказанное выше в полной мере относится и к многочисленным изделиям, входящим в основные составные части.

Даже этот краткий анализ показывает, что создание комплекса является сложной технической и организационной задачей [3–5].

**Группы составных частей комплекса.** Как следует из структурных особенностей, комплекс содержит большое количество составных частей. Эти составные части можно разделить на непосредственно образующий комплекс (основные комплексообразующие специфицированные изделия и вспомогательные).

Основные изделия являются относительно самостоятельными, отличаются между собой характеристиками, конструкцией и функциональностью. Они в отдельности или совокупности определяют эксплуатационные характеристики всего комплекса и подбираются или создаются из условий обеспечения этих характеристик комплекса.

В основные изделия входят «свои» изделия (составные части), не имеющие самостоятельного эксплуатационного назначения и связанные между собой конструктивными связями.

Таким образом, комплекс содержит несколько различно взаимодействующих и невзаимодействующих групп изделий (систем), которые имеют свои функциональные цели и решают частные задачи, что также представляет определенные особенности при проектировании комплекса.



**Описание комплекса.** Описание комплекса представляет собой значительную сложность, что вызвано сложностью комплекса, как изделия, из-за сложности его структуры, связей и функционирования. Это обусловлено весьма большим количеством его составных частей, сложностью функционального взаимодействия между ними, сложностью и многообразием процессов, происходящих в комплексе, большим количеством данных.

Такое положение вызывает также трудности при проектировании комплекса, его изготовлении и эксплуатации. Это требует проведения обширного, тщательного и максимально точного многообразного моделирования и исследования структуры, разнообразных данных и процессов комплекса.

**Аналоги комплекса.** Причиной создания такого сложного и дорогостоящего изделия как комплекс, как правило, является необходимость решения принципиально существенных и новых задач. Это изделие зачастую создается на основе принципиально новых идей, исследований, направлений развития науки и техники и разрабатываемых изделий.

На начальных этапах в силу новизны этих работ требуются значительные затраты времени, финансовых средств, человеческих ресурсов. Это объясняется новизной решаемых задач, отсутствием правильных направлений работы, опыта, технической оснащенности, кадров и всего многообразия необходимых способов решения поставленных задач.

Важную роль в этом процессе играет отсутствие аналогов (полных и неполных; прямых и косвенных) комплекса в целом и его составных частей, что ограничивает типизацию, применение и интеграцию существующих и разрабатываемых проектных решений [5], особенно при проектировании комплекса. Их отсутствие ограничивает или не позволяет использовать существующие типовые проектные решения, программы и системы, в том числе и прикладные.

**Среда проектирования комплекса.** В процессе создания такого сложного изделия как комплекс и его составных частей, участвует большое число «исполнителей», различных предприятий, отраслей промышленности. Они различаются между собой количеством работников, техническим оснащением рабочих мест, опытом работы, квалификацией, системой организации работ и т.д. Следует отметить, что наиболее часто такие предприятия производят продукции определенного типа, в то время как каждый новый тип комплекса требует разработки и применения нового для данного предприятия изделия в пределах его специализации. Такое положение приводит к тому, что предприятиям (проектировщикам) необходимо решать новые сложные проектные задачи.

Часто аппаратная и программная оснащенность проектировщиков не в полной мере соответствует задачам разработки нового комплекса и его составных частей. Это несоответствие между задачами и возможностями аппаратных и программных средств относится в разной степени к различным проектировщикам, что не позволяет принять консолидированное решение по устранению этого несоответствия по всем проектировщикам.

В итоге проектирование комплекса осуществляется в неоднородной среде на нескольких аппаратных платформах и программных средствах.

**Продолжительность процесса проектирования.** При проектировании комплекса разработчику приходится решать большое количество новых научно-технических задач, проводить поисковые исследования, моделирование, разрабатывать составные части изделия, согласовывать все работы между собой и т.д. В результате этого возникает огромный объем работ, требующий больших временных затрат.

Следует отметить, что «производительность» процесса проектирования комплекса в значительной степени зависит не только от объема работ, но также от соответствия инструментальной среды (технического обеспечения САПР) разработчиков поставленным задачам. Важную роль играют организационные возможности разработчиков: качество и достаточность организационного обеспечения проектирования (САПР) [6]; гибкость и динамичность организационного обеспечения работ коллективов разработчиков.

Существенное влияние на продолжительность процесса проектирования оказывает также и качество кадров проектировщиков: их грамотность, широта знаний, гибкость мышления, способность к переобучению и так далее, что особенно важно в начале проектных работ.

**Сложность работ на различных этапах проектирования.** На начальных этапах работ, когда идет поиск оптимальных решений по созданию комплекса, используются всевозможные методы поиска и подбора различных вариантов решений с использованием комбинаторики, моделирования, разработки и исследования структур изделий, проводится работа с широкой номенклатурой данных существующих комплексов. Эта работа концентрируется у относительно узкого круга разработчиков. Все это в совокупности приводит к значительному увеличению номенклатуры входных данных. Следствием этого является то, что из-за возникновения большого количества разнообразных входных данных, широкой разветвленности маршрутов их обработки и отсутствия готовых решений на начальных этапах проектирования возникают значительные сложности по сравнению с невысокой сложностью и трудоемкостью на дальнейших этапах работ.

**Заключение.** Таким образом, процесс проектирования комплекса и, как следствие, его САПР характеризуется целым рядом принципиальных особенностей:

- сложность комплекса порождает сложность его описания;
- отсутствие аналогов (полных и неполных; прямых и косвенных);
- функционирование в неоднородной среде на нескольких аппаратных платформах и программных средствах;
- относительная длительность процесса проектирования, вызванная сложностью решаемых задач и ограничениями возможностей разработчиков;
- сложность работ на различных этапах проектирования: на начальных этапах из-за большого объема поисковых работ сложность работы выше по сравнению с последующими этапами.

### Литература

1. Столяров А.И. Анализ структуры сложных изделий приборостроения // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. – 2016. – Т. 5. – С. 45–48.
2. Столяров А.И., Донецкая Ю.В., Гатчин Ю.А. Особенности формирования электронной структуры комплекса в приборостроении // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2017. – Т. 17. – № 2(108). – С. 312–317.
3. «Белый лебедь» в «цифре». «Виртуальное КБ» создаст модернизированный стратегический ракетноносец // Рациональное управление предприятием. – 2016. – № 4-5. – С. 40–43.
4. Многофункциональный переговорный комплекс компании СИБУР на базе технологий Polycom [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.remmag.ru/upload\\_data/files/2017-01/Polycom.pdf](http://www.remmag.ru/upload_data/files/2017-01/Polycom.pdf), своб.

5. Конев М.В. Интеграция различных САД-систем в едином информационном пространстве на базе Teamcenter // Рациональное управление предприятием. – 2017. – № 1. – С. 52–55.
6. ГОСТ 23501.101-87. Системы автоматизированного проектирования. Основные положения. – Введен 01.07.1988. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 10 с.

**УДК 547.391.1/541.64/678**

## **РАЗРАБОТКА РЕАКТОРА ПОЛИМЕРИЗАЦИИ АКРИЛОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ В ВОДНОЙ СРЕДЕ**

**Сухов А.И.<sup>1</sup>**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент Банных О.П.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе рассмотрены исследования, необходимые для разработки схемы установки, позволяющей проводить непрерывную полимеризацию суперабсорбирующих полимеров на основе акриловой кислоты или ее производных. Основная часть проводимых в работе исследований заключалась в поддержании стабильной температуры (50–90°C) реактора экспериментальной установки путем отвода-подвода инжестируемой холодной воды. Кроме того, уделено внимание изучению зависимости изменения текучести реакционной смеси от ее температуры.

**Ключевые слова:** акриловая кислота, суперабсорбирующие полимеры, температура реакции полимеризации, охлаждающая рубашка, потеря текучести.

В последние годы для производства суперабсорбентов на основе акриловой кислоты внедряются новейшие методы непрерывной полимеризации. В Российской Федерации (РФ) на данный момент отсутствуют собственные технологии и наличие промышленного производства суперабсорбирующих полимеров. Данная область имеет огромный потенциал и широкий спектр развития. В связи с этим на нефтепромышленных предприятиях вводится производство акриловой кислоты, чтобы в дальнейшем использовать ее для синтеза суперабсорбентов.

Суперабсорбирующие полимеры (САП) – полимеры, имеющие способность поглощения и удерживания в себе огромного количества воды [1]. Взяв за основу соотношение цена/качество, можно выявить, что лидером в этой категории являются САП на основе акриловой кислоты и ее производных. Именно поэтому они получили наибольшее распространение [2].

В связи с растущим интересом к суперабсорбентам возник вопрос их получения в больших количествах. Последние годы ведущими компаниями, занимающимися синтезом абсорбентов, разрабатываются и внедряются новейшие методы и установки непрерывной полимеризации.

В РФ на данный момент отсутствуют собственные технологии и наличие промышленного производства суперабсорбирующих полимеров. По этой причине, также, взяв во внимание растущий спрос на САП в России, странах СНГ и Китае, на крупнейших предприятиях планируется разработка, дальнейший ввод в эксплуатацию современных установок непрерывной полимеризации и запуск производств акриловой кислоты [3].

В связи с этим разработка схемы производства суперабсорбентов на основе акриловой кислоты в водной среде являлась, сколько актуальной, столько и востребованной темой на современном рынке химической промышленности.

Приготовление полимерной смеси проводилось в микрореакторе, в роли которого выступал стакан из нержавеющей стали, при постоянном перемешивании лопастной механической мешалкой.

Микрореактор был помещен в охлаждающую рубашку, позволяющую снимать тепло в случае резкого увеличения температуры раствора мономера. Охлаждающая

рубашка представляла собой пластиковую бутылку, в которую через шланг поступала холодная водопроводная вода температуры  $(6\pm 2)^\circ\text{C}$  (рис. 1). Также при необходимости осуществлялось добавление горячей воды в рубашку с целью повышения температуры полимерной смеси до необходимой для запуска процесса полимеризации.

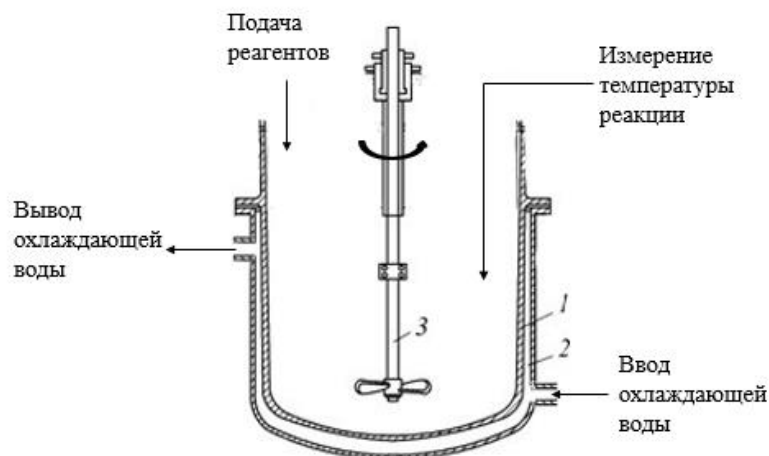


Рис. 1. Схема экспериментальной установки, используемой для получения суперабсорбентов: 1 – микрореактор; 2 – водяная охлаждающая рубашка; 3 – лопастная механическая мешалка

После смешивания всех реагентов приготовленная полимерная смесь тщательно перемешивалась лопастной механической мешалкой в течение определенного времени, затрачиваемого на полимеризацию и выясненного ранее экспериментальным путем. Затем при наблюдении потери текучести реакционной смеси отключалась лопастная механическая мешалка и активировалась подача холодной воды в рубашку реактора для поддержания температурного режима.

Уже охлажденный полимерный гидрогель тщательно промывался для удаления остаточных мономеров, олигомеров, сшивающего агента, инициатора, и других примесей. Чистый гидрогель помещался в сушильный шкаф и выдерживался там при температуре  $60^\circ\text{C}$  в течение суток для удаления влаги.

В ходе выполнения работы на стадии полимеризации соблюдались температурные условия полимеризации ( $50\text{--}90^\circ\text{C}$ ).

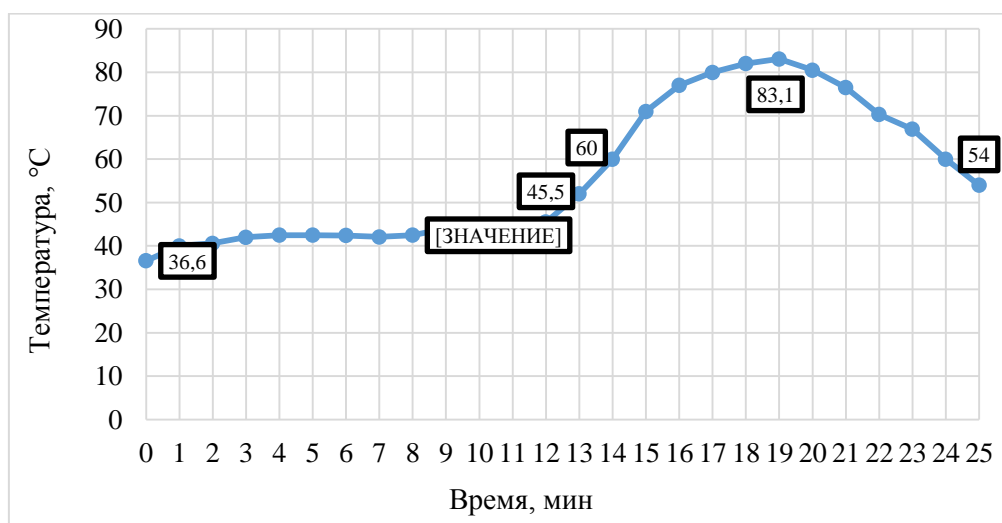


Рис. 2. График зависимости температуры от времени при получении суперабсорбента

Как в течение всего процесса синтеза, так и в течение самого процесса полимеризации проводился мониторинг изменения температуры. Таким образом, была

составлена зависимость температуры от времени для проведенного эксперимента. Полученная зависимость температуры полимерной смеси от времени ее получения визуально показана на рис. 2.

Стоит отметить, что на показанном выше рисунке отсчет времени ведется сразу же после добавления ПСА в общую реакционную смесь, так как данный химический компонент является инициатором полимеризации и смешивается с остальными компонентами в последнюю очередь.

Как видно на графике, температура полимерной смеси в момент времени  $t=0$  составляла  $36,6^{\circ}\text{C}$ . Такой температуры недостаточно для работы инициатора, а, соответственно, и для запуска реакции полимеризации.

Для того чтобы добиться нужной температуры, использовался подогрев реактора путем добавления горячей воды в рубашку. В момент времени  $t=3$  мин температура составляла  $40,6^{\circ}\text{C}$ , что свидетельствовало о низкой скорости ее роста со времени добавления ПСА. Добавление горячей воды в рубашку реактора позволило незначительно повысить температуру смеси до  $42,4^{\circ}\text{C}$ . Для достижения быстрого роста температуры до необходимой отметки (не ниже  $50^{\circ}\text{C}$ ) было проведено повторное вливание воды.

Это способствовало продолжению роста температуры до  $45,5^{\circ}\text{C}$ . Достигнув данной отметки, температура реакционной смеси начала резко возрастать и составляла  $60^{\circ}\text{C}$  на момент времени  $t=14$  мин, что свидетельствовало о начале реакции полимеризации. Была выключена лопастная механическая мешалка, а также запущена подача холодной воды в рубашку реактора для снятия тепла, выделяемого при экзотермической реакции полимеризации. Наблюдалось изменение структуры реакционной смеси (переход в вязкотекучее состояние). Внутри реактора образовался застывший эластичный полимер. Термометр был помещен в полученный гидрогель для продолжения регистрации температуры. Несмотря на продолжение охлаждения реактора, температура внутри полимера продолжала возрастать и на момент времени  $t=19$  мин достигла своего пика ( $83,1^{\circ}\text{C}$ ). После этого температура полимера начала падать и на момент времени  $t=25$  мин составила  $54^{\circ}\text{C}$ .

Из наблюдений за изменением температуры в ходе проведенного эксперимента можно сделать следующие выводы:

- после добавления инициатора ПСА реакция полимеризации наступила спустя  $t=12$  мин, учитывая, что в течение этого времени были произведены дополнительные действия для разогрева реакционной смеси;
- съем тепла во время протекания реакции полимеризации считается неэффективным, учитывая, что использовалась максимальная мощность подачи воды, но при этом температура продолжала возрастать еще в течение времени  $t=7$  мин, за которое повысилась на  $37,6^{\circ}\text{C}$ .

### Литература

1. Buchholz F.L., Graham A.T. Modern Superabsorbent Polymer Technology. – N.Y.: WileyVCH, 1997. – 304 p.
2. Chatterjee P.K., Gupta B.S. Absorbent Technology, Volume 13. – Textile Science and Technology, Elsevier Science & Technology Books, 2002. – 500 p.
3. Mechtcherine V., Reinhardt H.-W. (Eds.). Application of super absorbent polymers (SAP) in concrete construction. – State-of-the-art report prepared by technical Committee 225-SAP. – Springer, 2012. – 164 p.

UDC 004.932.2

**FEASIBLE METHODS OF IMAGE SEQUENCE STABILIZATION FOR MARINE APPLICATIONS****Testov M.V.<sup>1</sup>****Scientific advisor – Nosov A.S.<sup>1</sup>**<sup>1</sup>ITMO University

In this article we considered some methods for detecting a frame displacement in image sequence for marine applications. For this goal, three kinds of techniques can be used: direct, indirect and fusion. The first one is based on analyzing the image itself – finding its feature points. The second one uses the information from Inertial Measurement Module. And the third one is a fusion of the first and the second. As a result, their comparison is performed as well as an analysis of their capability to meet the challenge of video stabilization for marine applications.

**Key words:** digital image stabilization (DIS), motion estimation, fusion method, correlation, optical flow, feature points.

**Digital image stabilization.** Digital Image Stabilization (DIS) is a method of compensating for unwanted jitter in image sequence, which may be caused by hand shake or vehicle motion. The advantage of digital stabilization over mechanical or optical stabilization is that it doesn't require any additional hardware.

The objective of this work is to research different algorithms of Digital Image Stabilization, as well as to analyze their capability to meet the challenge of video stabilization for marine applications

Digital image stabilization is generally divided into several steps:

- motion estimation = local motion estimation + global motion estimation;
- motion smoothing(filtering);
- motion compensation.

The first step in digital video stabilization is to determine how the camera is moving, this is called motion estimation. Camera motion is estimated by viewing sequential frames in a video feed and deriving local motion vectors (LMV), these local motion vectors are then combined to form a global motion vector (GMV) that represents the motion of the camera.

Motion estimation based on finding matching features between frames and forming a model that describes the motion in the image plane. Most DIS systems accomplish this using direct methods like correlation, feature tracking or optical flow.

Also we can use indirect method based on IMU measurements of camera motion and fusion of this techniques.

Motion filtering separates the wanted motion (zoom, pan...) from unwanted motion (shake, jitter...) and outputs a model representing the unwanted motion.

The process is completed with frame compensation, which moves the image plane opposite the direction of the unwanted motion model. This is commonly achieved using only translational compensation, but more advanced methods do apply an affine transformation which incorporates translation (2 dimensional), rotation and scaling.

In this work we are interested in the methods of motion estimation.

**Motion estimation methods.** We can highlight three methods of unwanted motion estimation:

- direct;
- indirect;
- fusion.

The first one is based on analyzing the image itself, e.g. correlation method, feature points method and optical flow method. The second one uses the information from Inertial Measurement Module. And the third one is a fusion of the first and the second.

Let's start from the direct methods.

**Correlation method.** Discrete correlation, cross-correlation is the straightforward solution to find image similarity. It finds the maximum of the correlation between pixels of two or more images and gives the translational shift between them. This method consumes a lot of computational power and not invariant to image brightness changes.

**Feature method.** Local motion can be derived by finding features in subsequent image frames and then matching them to determine their start and end coordinates.

There are several types of features (Fig. 1):

- Edge – the points at which image brightness changes sharply are typically organized into a set of curved line segments;
- Corner/interest point – the intersection of two edges;
- Blob – a region of an image in which some properties are constant or approximately constant.



Fig. 1. Original image, Edges, Corners, Blobs

There are many methods to find features in an image. The methods of feature extraction began with the work performed by Harris and Stephens. Harris proposed that image features must be discrete and not formed on a continuing texture or line; thus arises the need for choosing corners in the image to be the feature points. The theory behind the algorithm is to exploit the autocorrelation function of a sub-window in the image. If the window is moved slightly, the correlation with its previous position will either change slightly (when in a flat or textured region) or steeply (when viewing a corner or edge).

The parameters that good features should meet [1]:

- Locality: features are local, so robust to occlusion and clutter (no prior segmentation);
- distinctiveness: individual features can be matched to a large database of objects;
- quantity: many features can be generated for even small objects;
- efficiency: close to real-time performance;
- extensibility: can easily be extended to wide range of differing feature types, with each adding robustness.

**Optical flow.** Optical flow is the pattern of apparent motion of image objects between two consecutive frames caused by the movement of object or camera. It is 2D vector field where each vector is a displacement vector showing the movement of points from first frame to second.

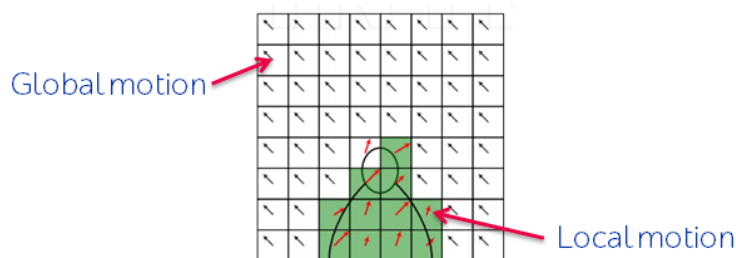


Fig. 2. Optical flow

Optical flow (Fig. 2) works on several assumptions:

- the pixel intensities of an object do not change between consecutive frames;

– neighboring pixels have similar motion.

To compute the optical flow between two images, we can use Lucas-Kanade Method which divides the original image into smaller sections and assumes a constant velocity in each section. Then, it performs a weighted least-square fit of the optical flow constraint equation to a constant model in each section.

Visual measurements are highly accurate but susceptible to error from dynamic scenes, plus they are computationally expensive to solve.

Let's move to the indirect methods.

**IMU method.** In this technique we don't need image itself for camera motion estimation.

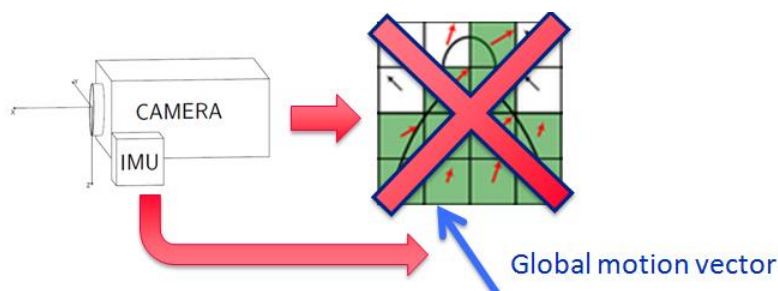


Fig. 3. Getting motion vector from the IMU data

IMU (Fig. 3) is used to provide angular rate data, and these values are summed between image capture times. A coefficient is then multiplied by the angular displacement output by the IMU in between frames, and this results in the motion parameter values.

Inertial measurements are computationally inexpensive and immune to error from dynamic scenes, but are not accurate enough for not precise sensors, which are often used in consumer electronics.

**Fusion method.** Digital stabilization's drawbacks are its requirement for computing power and its instability with dynamic scenes (Fig. 4). Thus to compensate those problems we can fuse visual and inertial measurements. These measurements complement each other in their strengths and weaknesses. The visual measurement is slow and susceptible to dynamic scenes but the inertial measurement is fast and immune to dynamic scenes; also the visual measurement is temporally stable while the inertial measurements are not accurate enough. Incorporating the inertial measurement allows the digital stabilization to run at a slower rate, which decreases the demand for computing power. The inertial and visual measurements could be combined through the use of a Kalman filter to form a robust image stabilizer [2].

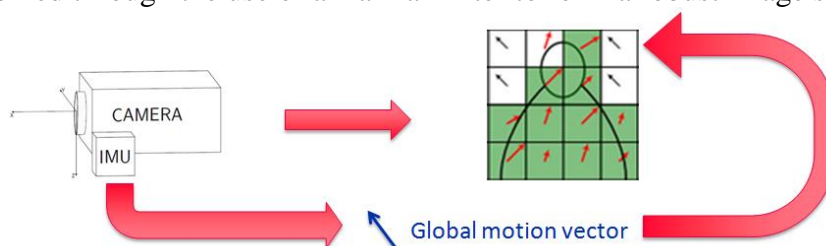


Fig. 4. Choosing the proper vector from the IMU and Camera data

**Marine application.** Homogeneous structure of the sky and dynamic structure of the sea bring some limitations to application of algorithms. We can't use direct methods in proper way because of these factors. But in many cases we have a horizon line which could help us to find the right vector of an image unwanted movement which is situated near horizon. And in this case the fusion of direct and indirect methods could help us. It means that we can get the direction of the motion vector from IMU data and by the help of it choose the proper motion vector from the image (Fig. 5).



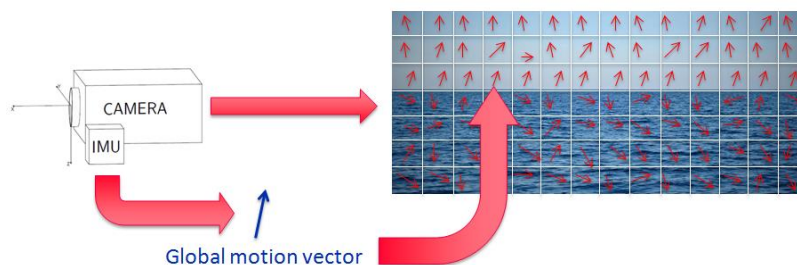


Fig. 5. Choosing the proper vector from the IMU and Camera data near horizon

**Conclusion.** During this work we consider different methods motion estimation for the problem of image digital stabilization and came to the conclusion that fusion method works better, and it could help to solve DIS problem in the marine conditions.

In future work simulation of fusion method and real data processing will be done [3].

### References

1. Rodehorst V., Koschanb A. Comparison and evaluation of feature point detectors [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.cv.tu-berlin.de/fileadmin/fg140/Comp\\_vr.pdf](http://www.cv.tu-berlin.de/fileadmin/fg140/Comp_vr.pdf), своб.
2. Smith M., Boxerbaum A., Peterson G. and Quinn R. Electronic image stabilization using optical flow with inertial fusion // IEEE/RSJ Intl. Conf. on Intelligent Robots and Systems. – 2010. – P. 1146–1153.
3. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.

УДК 621.3.049

### ПРОБЛЕМАТИКА СКВОЗНОГО МОНТАЖА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Ткачева Е.В.<sup>1</sup>, Агеева Т.А.<sup>1</sup>, Шевяков А.Д.<sup>1</sup>

Научный руководитель – к.т.н. Кузнецова О.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе рассмотрена технология применения сквозного монтажа при конструировании и проектировании печатных плат с целью выявления проблем при использовании данной технологии. Проанализированы автоматизированный и ручной способы установки электронных компонентов в отверстия. Рассмотрены два основных метода организации данной технологии: монтаж единичных изделий и поточное (конвейерное) производство. Выявлены достоинства и недостатки обоих методов. Рассмотрены виды пайки при сквозном монтаже. В результате исследования проанализированы основные проблемы при применении технологии сквозного монтажа печатных плат, а также приведены рекомендации по их устранению.

**Ключевые слова:** печатная плата, сквозной монтаж, выводной монтаж, пайка, ручной монтаж, автоматизированный монтаж.

Технология сквозного монтажа печатных плат (ПП) подразумевает под собой установку выводных электронных компонентов на ПП, при которой выводы компонентов монтируются в сквозные отверстия. Данная технология в основном применяется в изделиях большой электрической мощности и при больших механических нагрузках. Например, в крупных приборах и устройствах, таких как трансформаторы, фильтры и силовые компоненты, которые требуют дополнительной механической поддержки, и их можно создать только путем создания межсоединений через сквозные отверстия [1].

Еще одна причина для использования технологии сквозных отверстий – экономическая. В некоторых случаях более рентабельно использовать компоненты со

сквозной установкой, а также ручную сборку печатных блоков (т.е. без автоматизации) для электронного монтажа. Конечно, технология сквозных отверстий не ограничивается ручной установкой. Существуют различные степени автоматизации, которые могут использоваться для крепления компонентов в отверстия ПП.

Выделяют автоматизированный и ручной способы установки компонентов в отверстия. В случае автоматизации процессов монтажа последовательность операций включает в себя установку элементов в отверстия, а затем – пайку.

Существуют автоматы установки выводных компонентов, а также грипперы (устройства захвата), позволяющие выполнять установку в отверстия. При использовании данной технологии интенсивность отказов меньше единицы для обычных компонентов с осевыми и радиальными выводами.

Преимущества автоматизированного монтажа плат: надежность, снижение себестоимости, высокая точность, скорость, монтаж миниатюрных элементов, автоматический контроль. Автоматы позволяют перед установкой тестировать различные характеристики компонентов, а также производить переналадку производственных линий благодаря программированию.

Качество автоматического монтажа, а также его стоимость при применении автоматизированных устройств во многом обеспечивается на этапе проектирования. Современные технологии позволяют располагать компоненты с минимальным расстоянием друг от друга, до долей миллиметра, но это не всегда оправдано. Маленькие расстояния затрудняют ремонт, а также контроль компонентов и паяных соединений. Установка компонентов производится с применением специальных монтажных автоматов, осуществляющих еще и подрезку, подгибку с обратной стороны платы. Однако данное оборудование в настоящее время не распространено, и установка компонентов в отверстия выполняется преимущественно вручную.

Технологию ручного сквозного монтажа модулей целесообразно использовать в случаях, когда применение автоматического оборудования невыгодно из-за малого объема заказа или сборки нескольких макетных образцов модулей, платы не подходят для автоматизированного монтажа, а также при окончательном монтаже выводных элементов после автоматического монтажа. Сегодня электроника находится на том уровне развития, который не позволяет полностью отказаться от ручных операций монтажа. Проблемой является процесс подготовки компонентов к монтажу. Формовка гибких выводов не должна повреждать их, нарушать покрытие выводов, способ формовки должен исключать поворот вывода относительно корпуса компонента. Следовательно, такая кропотливая работа достаточно трудоемка [2].

Выделяют две основные формы организации технологии сквозного монтажа: монтаж единичных изделий или партий и поточное (конвейерное) производство. Оба метода имеют свои достоинства и недостатки.

При монтаже единичных изделий партии ПП перемещают между разнотипным оборудованием на различных этапах процесса. Рабочие станции при технологии сквозного монтажа не всегда находятся в непосредственной близости друг от друга. Они могут использоваться для ручных, полуавтоматических или полностью автоматизированных операций изготовления и сквозного монтажа ПП на различных этапах. Например, установка компонентов на этапе сборки печатного узла может быть полностью автоматизированной, но требовать применения нескольких автоматов для вставки различных типов компонентов. Печатные платы, как правило, загружаются и выгружаются вручную.

В табл. 1 перечислены преимущества и недостатки сквозного монтажа отдельных ПП или их партий. Единичный монтаж печатных плат лучше всего подходит для предприятий, использующих технологию сборки ПП с разнообразным ассортиментом изделий при низких объемах производства продукции (например, разработка прототипа

или платы с высокой надежностью) и при необходимости большой гибкости производства для технологии сквозного монтажа ПП.

Таблица 1. Достоинства и недостатки сквозного монтажа единичных печатных плат или их партий

Достоинства	Недостатки
Отключение одной машины не вызывает остановку всей сборочной линии	Большая продолжительность производственного цикла из-за перемещения изделий между рабочими станциями
Дополнительная гибкость процесса благодаря созданию альтернативной маршрутизации изделий	Повышение вероятности повреждения монтируемых печатных плат во время транспортирования между рабочими станциями
Пригодность для монтажа различных изделий, низких объемов производства, в которых требуется частая замена оборудования и технологической оснастки	Трудности в прогнозировании производительности сборочной линии из-за участия большого количества рабочих станций в процессе монтажа

Второй метод – это конвейерное производство, при котором различные автоматы для установки компонентов и пайки печатных плат взаимосвязаны друг с другом автоматическим погрузочно-разгрузочным оборудованием. В табл. 2 перечислены достоинства и недостатки технологии сборки ПП для поточного сквозного монтажа. Сборочная линия при данной технологии сборки ПП наилучшим образом подходит для крупносерийного и массового производства (например, бытовой электроники) и узкого ассортимента выпускаемой продукции.

Таблица 2. Достоинства и недостатки линии поточного монтажа печатных плат

Достоинства	Недостатки
Облегченная управляемость производством изделий, материальными и трудовыми ресурсами	Поломка или отказ одной машины может вызвать остановку всей сборочной линии
Меньшая продолжительность производственного цикла благодаря отсутствию перемещения изделий между машинами	Сниженная гибкость оборудования не подходит для выпуска широкого ассортимента изделий
Сниженная вероятность повреждения изделий	Капитальные затраты и ограниченные заводские площади

Корпуса большинства компонентов для технологии сквозного монтажа в отверстия печатных плат можно подразделить на три типа: с двухрядным расположением выводов (DIP), с осевыми и радиальными выводами. Традиционные конфигурации, представленные на рисунке, используются для резисторов, конденсаторов, транзисторов, кристаллов и в случае активных компонентов для DIP-корпусов.

Есть также корпуса сложной формы для таких устройств, как трансформаторы, выключатели и реле. Помимо фактического размера, формы и конфигурации выводов, еще одним фактором, влияющим на технологию сборки печатных плат при монтаже в отверстия, является покрытие выводов. Во-первых, покрытие может значительно увеличить диаметр вывода, что следует принять во внимание при назначении допусков на диаметр отверстий при проектировании печатной платы. Во-вторых, при погружении концов выводов в горячий припой последний может скапливаться на конце вывода и мешать установке компонента.



Рисунок. Пример компонентов: конденсаторы с осевыми (а) и радиальными выводами (б); микросхема в корпусе DIP-8 (в)

Выбор технологии пайки осуществляется в зависимости от количества монтируемых элементов, их местоположения, объема сборки и сложности. Автоматизированный монтаж выводных компонентов выполняется на линии селективного монтажа или пайки волной. Наиболее часто используемым видом пайки ПП в технологии монтажа в сквозные отверстия является именно технология пайки волной припоя. Монтируемая печатная плата закрепляется в конвейере, который транспортирует плату к автомату для нанесения флюса, затем следует предварительный нагрев платы, после которого осуществляется пайка волной расплавленного припоя [3].

Одной из распространенных проблем с пайкой сквозных отверстий является заполнение отверстий. При пайке бессвинцовыми сплавами труднее добиться хорошей заливки отверстий для штыревых компонентов, особенно в местах сквозных отверстий, которые соединяются с тяжелыми медными заземленными плоскостями или при использовании толстой подложки печатная плата. Бессвинцовый сплав имеет меньшую текучесть по поверхности (смачиваемость) по сравнению с припоем оловянно-свинцовым.

Таким образом, припой медленнее течет вверх по стволу. Кроме того, окно процесса для пайки волной бессвинцовым сплавом уже, чем пайка волной оловянно-свинцовым сплавом, и делает ее более сложной для заполнения отверстий. Припой оловянно-свинцовый плавится при температуре близкой к  $183^{\circ}\text{C}$ , а типичная температура припоя, содержащего свинец, составляет от  $245^{\circ}\text{C}$  до  $255^{\circ}\text{C}$ . Что делает разницу между температурой котла и температурой плавления от  $62^{\circ}\text{C}$  до  $72^{\circ}\text{C}$ .

Среди сплавов припоя без свинца SAC 305 плавится при температуре  $217^{\circ}\text{C}$  и Sn-Cu (олово-медь) или Sn-Cu-Ni (олово-медь-никель) при температуре  $227^{\circ}\text{C}$ . Типичная температура паяльной пайки без свинца составляет около  $260\text{--}270^{\circ}\text{C}$ . Разница между температурой паяльной пайки и температурой плавления припоя составляет около  $43^{\circ}\text{C}$ . Чем меньше зазор между температурой припоя и температурой плавления припоя, тем меньше происходит капиллярное припаивание, что может привести к меньшему заполнению отверстий. Кроме того, когда ствол соединяется с внутренними плоскостями заземления, медные заземляющие плоскости действуют как теплоотводы, которые отбирают тепло из ствола и препятствуют прилипанию припоя к стволу. Наблюдается, что проблемы с заполнением отверстий часто случаются с некоторыми штыревыми компонентами, такими как алюминиевые конденсаторы, разъемы или компоненты питания. Эти компоненты поглощают много тепла во время пайки волной, что затрудняет заполнение ствола.

Переход на бессвинцовые припои сильно повлиял на технологию пайки волной припоя. Но в итоге, температура сварочной ванны  $260^{\circ}\text{C}$ , используемая для эвтектического припоя олово-свинец, оказалась достаточной в большинстве случаев, когда применяются сплавы состава 99,3% Sn (олово) и 0,7% Cu (медь) и Sn-Ag-Cu (олово-серебро-медь). Некоторые производители предпочитают поднимать температуру ванны с  $260^{\circ}\text{C}$  до  $270^{\circ}\text{C}$ . В бессвинцовые припои добавляют Ni (никель) и Ge (германий), чтобы обеспечить образование галтелей, необходимых при пайке

оловянно-свинцовыми припоями. Высокое поверхностное натяжение бессвинцовых сплавов повышает вероятность образования пропусков, перемычек и сосулек во время прохода печатной платы над волной припоя. Для минимизации этих дефектов пайки печатных плат следует подобрать химический состав флюсов, а также скорректировать угол платы и скорость конвейера.

Использование бессвинцовых сплавов также влияет на производительность ручной пайки. Во-первых, из-за более высокой температуры плавления этих сплавов требуется немного больше времени для пайки. Для бессвинцовой ручной пайки при традиционном монтаже в отверстия, согласно технологии сквозного монтажа, могут быть использованы самые высокие температуры пайки оловянно-свинцовыми припоями. Тем не менее, для пайки «пограничных» конструкций могут потребоваться жала паяльников с более высокими температурами и мощными источниками энергии. Во-вторых, бессвинцовые припои отличаются более высоким поверхностным натяжением, поэтому медленно смачивают и растекаются по поверхности, а также имеют низкую скорость капиллярного течения по отверстиям. В-третьих, из-за высокого содержания олова в бессвинцовом припое увеличивается скорость коррозии жала паяльника, деталей машин для пайки волной припоя и медных элементов в печатной плате. Для уменьшения коррозии рабочие колеса, сопла, перегородки, стены ванной следует покрывать специальными защитными материалами.

При монтаже ПП в отверстия необходимо комбинировать бессвинцовые и традиционные оловянно-свинцовые припои, так как сплав олово-свинец может улучшить смачивание и растекание бессвинцового припоя благодаря тому, что присутствие свинца снижает поверхностное натяжение расплавленного припоя и температуру плавления припоя.

Тем не менее, смешивание оловянно-свинцовых и бессвинцовых припоев при пайке ПП может повлиять на долгосрочную надежность межсоединений в условиях повышенных температур при нагреве припоя. Использование бессвинцовых припоев оказывает влияние на послемонтажный этап отмычки и проверки. Чем выше температура процесса, тем более трудноудаляемыми становятся остатки флюса, которые могут нарушить контакт зонда с тестируемыми контактными площадками на печатной плате. Плохой контакт может привести к выявлению ложных обрывов цепи после монтажа, поэтому рекомендовано использовать более тщательную отмычку, чтобы обеспечить их полное удаление.

В ходе исследования была рассмотрена технология применения сквозного монтажа при конструировании и проектировании ПП. Было выявлено отсутствие возможности использования полностью автоматизированного монтажа ввиду технологических особенностей отдельных компонентов, использование же ручного способа достаточно трудоемко и требует больше времени и материалов в процессе пайки. Несмотря на преимущества надежности, установка сквозных компонентов имеет множество проблем:

1. необходим дополнительный процесс предварительной подготовки компонентов к монтажу;
2. сквозные отверстия занимают большую площадь на плате.
3. сквозное отверстие увеличивает затраты на изготовление, потому что сверление отверстий в подложке обходится дороже, чем создание накладки на поверхности печатной платы.
4. необходимы длинные выводы у компонентов и их обрезка после монтажа.
5. процесс размещения и пайки сквозных отверстий занимает много времени по сравнению со сборкой поверхностно-монтируемых (SMD) компонентов.
6. пайка с отверстиями сталкивается с многочисленными проблемами при использовании сплавов без свинца.

Для предотвращения данных проблем, рекомендуется преимущественно использовать SMD-компоненты, что позволит значительно уменьшить габаритные размеры платы, производить автоматизированный монтаж. В случаях отсутствия компонентов в данном исполнении необходимо отдавать предпочтение смешанному монтажу и следовать вышеописанным рекомендациям.

### Литература

1. Основы технологии монтажа в отверстия. Часть I [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.elinform.ru/articles\\_5.htm](http://www.elinform.ru/articles_5.htm), своб.
2. ГОСТ 29137-91. Формовка выводов и установка изделий электронной техники на печатные платы. Общие требования и нормы конструирования. – Введен 28.11.1991. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 10 с.
3. Монтаж печатных плат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://платы.рф/?pcb-mounting,15#выводной монтаж](http://платы.рф/?pcb-mounting,15#выводной%20монтаж), своб.

УДК 654.16

### ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПЕРЕДАЧИ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О СОСТОЯНИИ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Тлеубаева Ж.С.<sup>1</sup>, Тоимбек Д.К.<sup>2</sup>, Джанузакова Р.Ж.<sup>1</sup>

Научный руководитель – д.т.н. Федоров А.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати;

<sup>2</sup>Университет ИТМО

В работе теоретически рассмотрены методы передачи информации о состоянии системы энергоснабжения космического аппарата. Актуальность темы обуславливается повышением срока активного существования космического аппарата с целью минимизации бюджетных федеральных затрат. Работа выполнена в рамках договоров с фирмами о совместной деятельности по подготовке специалистов и направлена на дальнейшее исследование в области передачи данных в космическом пространстве и решения ее проблем.

**Ключевые слова:** космический аппарат, передача данных, система энергоснабжения, методы передачи информации, каналы связи, спутниковая система связи, солнечные батареи, командная радиолиния.

Программное обеспечение (ПО) сложной бортовой системы управления может быть реализовано с использованием средств, предоставляемых операционными системами реального времени (ОСРВ). Использование ОСРВ позволяет разработчику ПО бортовой цифровой вычислительной системы на определенном уровне разработки абстрагироваться от аппаратной части космического аппарата (КА) и сконцентрироваться на решении функциональных задач по управлению космическим аппаратом.

**Аппаратные средства малых КА, бортовые шины передачи данных, радиолинии.** Современные КА в зависимости от их целевого назначения имеют разнообразный набор аппаратных средств. Тем не менее, основной состав систем, обеспечивающих жизнедеятельность КА, остается общим. К нему относятся [1]:

- система энергоснабжения;
- командная радиолиния;

- исполнительные органы системы ориентации (двигатели-маховики, реактивные двигатели, магнитные катушки, гравитационные штанги и т.п.);
- чувствительные органы системы ориентации (солнечные датчики, звездные датчики, датчики угловой скорости, инфракрасная вертикаль и т.п.);
- система обеспечения температурного режима.

В качестве целевой аппаратуры может выступать телевизионная или фотокамера, радиоретранслятор, научная аппаратура для фундаментальных исследований и т.д. Характером установленной на КА целевой аппаратуры и особенностями ее эксплуатации определяются основные характеристики всего КА. К таковым относятся:

- необходимая точность работы системы ориентации;
- требуемые режимы ориентации;
- набор разовых команд управления и семантика командно-программной информации;
- энерговооруженность;
- состав комплекса бортовых обслуживающих систем.

Представляющий наибольший прикладной интерес с точки зрения реализации результатов данной работы КА «Канопус-В» относится к классу малых массогабаритных КА дистанционного зондирования Земли. Для выполнения данной целевой задачи КА требовалось осуществлять очень точное поддержание заданной ориентации для недопущения искажения получаемых снимков подстилающей поверхности. Для обеспечения выполнения этих требований на этапе штатной работы для определения и поддержания ориентации КА использовалась система астронавигации совместно с малоинерционными двигателями маховиками, позволяющими осуществлять поддержание точной стабилизации КА с минимальными возмущениями [2].

**Система энергоснабжения КА.** Система энергоснабжения КА выполняет функции по преобразованию солнечной энергии в электрическую, ее накопление и обеспечение ей абонентов электрической сети КА. Данная система должна включать в себя защиты от коротких замыканий, а также обеспечивать контроль заряда батареи, не допуская ее перезаряда и, как следствие, выхода из строя. Систему энергоснабжения строят таким образом, чтобы была предусмотрена возможность управления ключами питания как с использованием бортовой вычислительной системы (БВС), так и напрямую, с использованием разовых команд. Это позволяет производить работы по аварийному снятию и подаче питания на выбранные устройства в обход БВС, например, в случае ее выхода из строя [3].

**Бортовая вычислительная система.** На КА «Канопус-В» используется схема с ненагруженным резервированием большинства модулей авионики и нагруженным («теплым») резервирование БВС. «Теплое» резервирование БВС означает, что от момента отделения от разгонного блока ракеты-носителя на резервную БВС подано питание, но она находится в неактивном состоянии до тех пор, пока основная машина управляет КА. Это означает, что при отказе основной БВС, резервная БВС берет управление на себя и начинает производить операции по парированию сбоев, а также выборе необходимого комплекта оборудования [2].

Взаимодействие БВС с блоками авионики выполнено в цифровом формате с использованием шин МКО и CAN. Информационный обмен осуществляется на основе заранее разработанных и согласованных протоколов информационного обмена. Обе шины и МКО, и CAN построены по резервированной схеме обмена. Абоненты, требующие временной детерминированности информационного взаимодействия

являются абонентами шины МКО. Для устройств, не требующих жесткой привязки ко времени при передаче данных, может использоваться шина CAN, задержка по передаче данных в которой может быть регламентирована на пользовательском (прикладном) уровне архитектуры ПО.

Бортовая вычислительная система КА «Канопус-В» содержит два вычислительных модуля, построенных на процессоре архитектуры SPARC, с тактовой частотой 14 МГц, объемом оперативной памяти 4 МБ и содержащей блоки энергонезависимой памяти объемом 1 МБ [2]. Скромные по сравнению с персональным компьютером аппаратные ресурсы накладывают жесткие ограничения на выбор операционной системы и требуют реализации наиболее эффективных и одновременно наименее ресурсоемких алгоритмов бортового ПО.

Сеть CAN содержит интерфейсные модули сопряжения (периферийные вычислители). Интерфейсные модели предназначаются для подключения по единому интерфейсу большой номенклатуры устройств. Данные интерфейсные модули могут иметь собственную логику управления присоединенными к нему устройствами, избавляя тем самым БВС от необходимости реализации специфических алгоритмов управления конкретным оборудованием. Использование периферийных вычислителей позволяет обеспечить распараллеливание и синхронизацию управляющих воздействий для реализации выбранного цикла управления (дисциплины управления окончательным оборудованием). Так, например, можно распараллелить решение асинхронной задачи сбора телеметрической информации от датчиков, подключенных к периферийным вычислителям и их синхронную, централизованную передачу в БВС для использования в задачах анализа и дальнейшей транзитной передачи в наземный комплекс управления [4].

Таймеры, контролирующие время исполнения процессов или потоков, позволяют выявлять возникновение перерасхода времени и активизировать соответствующие действия по предотвращению такого поведения. Большинство ОСРВ оперируют относительным временем. Что-то происходит «до» и «после» некоторого другого события. В системе, полностью управляемой событиями, необходим часовой механизм, так как там нет квантования времени (time slicing).

В ходе выполнения работы были поставлены следующие задачи:

1. анализ методов передачи телеметрической информации о состоянии системы энергоснабжения КА с учетом условий функционирования КА;
2. анализ факторов, влияющих на качество передаваемой информации;
3. выбор рационального метода передачи.

### Литература

1. Васильев В.Н. Космические аппараты дистанционного зондирования Земли. – М.: ФГУП «НПП ВНИИЭМ», 2009. – 310 с.
2. Горбунов А.В., Слободской И.Н. Космический комплекс оперативного мониторинга техногенных и природных чрезвычайных ситуаций «Канопус-В» с космическим аппаратом «Канопус-В» // Геоматика. – 2010. – № 1(6). – С. 30–34.
3. Микрин Е.А. Бортовые комплексы управления космическими аппаратами и проектирование их программного обеспечения. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 336 с.
4. Бровкин А.Г., Бурдыгов Б.Г., Гордийко С.В. и др. Бортовые системы управления космическими аппаратами: учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2010. – 304 с.



УДК 004.93'11

**АВТОМАТИЧЕСКОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ ЭМОЦИЙ  
ПО МНОГОМОДАЛЬНЫМ ДАННЫМ**Убский Д.С.<sup>1</sup>Научный руководитель – к.ф.-м.н. Менделев В.С.<sup>1</sup><sup>1</sup>Университет ИТМО

**Целью работы** стали исследования и разработка системы распознавания эмоций человека. В работе приведен обзор существующих подходов, протестированы различные стратегии слияния нейронных сетей.

**Ключевые слова:** LSTM, RNN, слияние нейронных сетей.

Распознавание эмоций применяется в разнообразных областях. В медицине распознавание эмоций позволяет следить за состоянием психически больных. В области рекламы распознавание эмоций потребителя позволяет следить за реакцией потребителя на продукт и подстраивать показ рекламы, максимизируя ее эффективность. Похожим образом распознавание эмоций может применяться в системах электронного обучения. Система отслеживает реакцию обучаемого и подстраивает курс так, чтобы эффективность обучения была максимальной.

Вместо конкретных классов эмоций в последнее время все чаще используются меры возбужденности и валентности эмоций человека (arousal и valence) [1]. Многие исследователи имеют дело с распознаванием на уровне целых высказываний. В таких системах на все высказывание имеется ровно одна метка. Только недавно начали появляться базы данных эмоций с непрерывными метками, такие как HUMAINE [2] и RECOLA [3].

Свою эффективность продемонстрировали методы, применяющие слияние нескольких рекуррентных нейронных сетей (RNN), обученных с разными параметрами и на разных модальностях, в единую систему распознавания. Так, для решения данной задачи в [3] были использованы четыре RNN с долгой кратковременной памятью, показывающие корреляцию выходов системы с эталонной разметкой в 0,804 для возбужденности и 0,528 для валентности.

Для успешной работы RNN необходимо определить подходящую длину временного окна, используемого для распознавания эмоций, которая зависит от модальности и эмоции [4]. Консенсуса по поводу подходящей длины временного окна для конкретной модальности и эмоции на данный момент не существует. Хотя, в общем, длительность эмоции находится между 0,5 и 4 с [5], длина окна анализа, используемого для распознавания, может сильно отличаться: эмоции в аудио меняются быстрее, чем на видео, и намного быстрее, чем в физиологических данных [4, 6, 7].

Также в данной задаче проблемы проявляются на этапе слияния сетей разных модальностей. Слияние может производиться двумя способами: на уровне признаков и на уровне принятия решения. Слияние на уровне признаков представляет собой слияние признаков разных модальностей в общий вектор мета-признаков, который затем подается на вход системе машинного обучения [8, 9]. При слиянии на уровне решений для каждой модальности обучается своя модель, и выходы всех унимодальных моделей подаются на вход системе машинного обучения [8, 10].

В наборе данных RECOLA были выделены четыре группы модальностей: аудио, видео, пульс и электроактивность кожи (ЭАК). В качестве базы для сравнения для каждого набора модальностей была применена линейная регрессия (ЛР) (табл. 1).

Таблица 1. Результаты регрессии

Модальности				ССС (JIP)	
аудио	видео	пульс	ЭАК	arousal	valence
x	x	x	x	0,0198	0,0504
x	x	x		0,0222	0,0655
x	x		x	0,0313	0,0596
x	x			0,0288	0,0614
x		x	x	0,0237	0,1074
x		x		0,0256	0,0978
x			x	0,0040	0,2100
x				0,0051	0,1029
	x	x	x	0,2059	0,0431
	x	x		0,2047	0,0518
	x		x	0,1663	0,0599
	x			0,1657	0,0695
		x	x	0,1705	0,0976
		x		0,1896	0,1640
			x	0,0279	0,0894

Для каждого набора модальностей были обучены три архитектуры нейронных сетей: DNN, LSTM (рисунок) и BLSTM (табл. 2). Выходы сетей затем были объединены в мета-признаки, на каждом возможном наборе которых были обучены четыре мета-модели: линейная регрессия, дерево решений, усиленный градиентом лес деревьев решений, регрессия методом опорных векторов.

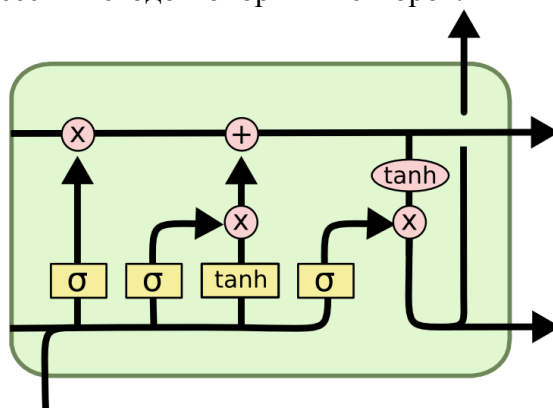


Рисунок. Схема ячейки LSTM

Таблица 2. Лучшие результаты каждой из моделей

arousal		valence	
Модальность	ССС	Модальность	ССС
Линейная регрессия (база)			
ЭАК	0,0279	аудио + ЭАК	0,2100
Линейная регрессия (мета)			
аудио + видео + пульс	0,4044	видео + ЭАК	0,3966
Дерево решений			
аудио + видео + пульс	0,3388	видео + ЭАК	0,2418
Усиленные градиентом деревья			
аудио + видео + пульс	0,4208	аудио + видео + пульс + ЭАК	0,3803
Метод опорных векторов			
аудио + видео + ЭАК	0,4239	аудио + видео + ЭАК	0,3734

Из результатов видно, что в большинстве случаев достаточно выходы сетей объединить с применением простой линейной регрессии.

### Литература

1. Lindquist K. and Barrett L.F. Emotional Complexity [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.unc.edu/~kal29/docs/Lindquist&Barrett\\_Handbook2008.pdf](http://www.unc.edu/~kal29/docs/Lindquist&Barrett_Handbook2008.pdf), своб.
2. Douglas-Cowie E. The HUMAINE database: Addressing the collection and annotation of naturalistic and induced emotional data // 2nd Inter. Conf. on Affective Computing and Intelligent Interactions. – 2007. – P. 488–500.
3. Ringeval F. Prediction of Asynchronous Dimensional Emotion Ratings from Audiovisual and Physiological Data // Pattern Recognition Letters. – 2014. – P. 22–30.
4. Gunes H., Pantic M. Automatic, dimensional and continuous emotion recognition // Inter. Journal of Synthetic Emotions. – 2010. – V. 1. – P. 68–90.
5. Levenson R. Emotion and the autonomic nervous system: A prospectus for research on autonomic specificity // Wagner H.L. (Ed.). Social psychophysiology and emotion: Theory and clinical applications. – 1988. – P. 17–42.
6. Kim J. Bimodal emotion recognition using speech and physiological changes // Grimm M., Kroschel K. (Eds.). Robust speech recognition and understanding. I-Tech Education and Publishing. – 2007. – P. 265–280.
7. Gunes H., Schuller B. Categorical and dimensional affect analysis in continuous input: Current trends and future directions // Image and Vision Computing: Affect Analysis in Continuous Input. – 2013. – V. 31. – P. 120–136.
8. Nicolaou M., Gunes H., Pantic M. Audio-visual classification and fusion of spontaneous affective data in likelihood space // Proc. of the 20th IEEE Int. Conf. on Pattern Recognition (ICPR). – 2010. – P. 3695–3699.
9. Metallinou A., Katsamanis A., Wang Y., Narayanan S. Tracking changes in continuous emotion states using body language and prosodic cues // Proc. of the 36th IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing. – 2011. – P. 2288–2291.
10. Kanluan I., Grimm M., Kroschel K. Audio-visual emotion recognition using an emotion recognition space concept [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eurasip.org/Proceedings/Eusipco/Eusipco2008/papers/1569103398.pdf>, своб.

УДК 004.891.2

### ГРАФОВОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ СЦЕНАРИЯ ДИАЛОГА

Фельдина Е.А.<sup>1</sup>

Научный руководитель – Черных И.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

В последнее время задачи естественного языка и искусственного интеллекта получают все большее распространение [1–3].

Автоматические диалоговые системы становятся востребованными в связи с быстрым развитием информационных технологий и искусственного интеллекта. Созданные в настоящее время человеко-машинные интерфейсы должны соответствовать естественному общению между людьми и автоматическими системами. Люди переходят на текстовые каналы обслуживания, поэтому текстовые диалоговые системы приобретают популярность. Несмотря на возросший интерес

разработчиков к созданию текстовых онлайн-консультантов, многие вопросы, связанные с построением таких систем, до сих пор остаются открытыми. Основные трудности, препятствующие успешной разработке, заключаются в небольшом объеме данных для обучения системы, а также быстром устаревании такого корпуса.

Диалоговые системы, которые могут вести полноценное взаимодействие с людьми, становятся востребованными во многих отраслях. Приоритетная задача для использования диалоговых систем – консультирование клиентов по вопросам, относящимся к сфере деятельности заказчика.

Внедрение диалоговых систем в контактные центры (КЦ) позволит:

1. сократить операционные расходы, возникающие в результате общения с клиентами КЦ через мультимедиа каналы;
2. снизить нагрузку на специалистов мультимедийного обслуживания КЦ, в связи с сокращением количества обращений, требующих их участия;
3. уменьшить количество повторных обращений в КЦ;
4. уменьшить среднюю продолжительность диалога;
5. реализовать социальную инициативу, связанную с возможностью обработки обращений клиентов с ограниченными возможностями;
6. улучшить качество обслуживания и, как результат, повысить лояльность клиентов: клиенты смогут быстро получать нужную им информацию через любые текстовые каналы поддержки без необходимости общения с операторами КЦ.

В данной работе рассмотрены методы оптимизации, разработанной в ООО «Центр речевых технологий» (ЦРТ) текстовой диалоговой системы с интерфейсом на естественном языке.

**Цель работы** – оптимизация процесса построения диалоговой системы на естественном языке для увеличения скорости прироста качества обслуживания и сокращения времени обучения.

Задачи:

1. проведение анализа подходов к построению диалоговых систем;
2. описание разработанной в ЦРТ диалоговой системы;
3. оптимизация процесса обучения диалоговой системы с целью увеличения скорости прироста качества.

Объект исследования – разработанная в ЦРТ диалоговая система.

Предмет исследования – структура диалоговой системы, порядок работы с данной системой (обучения).

Методы исследования: методы анализа текста, методы извлечения информации, поиск ключевых слов, классификация документов, графовый анализ, проектирование пользовательских интерфейсов.

**Практическая ценность.** Повышение скорости прироста качества диалоговой системы в процессе обучения; сокращение времени обучения диалоговой системы.

Рассматриваемая диалоговая система позволяет получить автоматическую консультацию посредством передачи коротких текстовых сообщений в режиме, близком к реальному времени. База знаний целевой предметной области раскладывается на тематические категории, которые составляют сценарий диалога.

Сценарий диалога является иерархическим конечным автоматом (HFSM), в котором каждое состояние соответствует определенной тематической категории и представляет собой наше предположение о намерениях пользователя. Логика переходов между состояниями сценария задается использованием классификатора, основанного на регулярных выражениях.

В промышленных диалоговых системах, работающих в крупных контактных центрах, сценарий диалога преимущественно имеет сложную разветвленную структуру

с гигантским количеством узлов – тематических категорий, что осложняет процесс доработки и развития такой системы.

Был разработан способ визуализации диалогового меню в виде графового представления иерархической структуры сценария диалога. Реализация алгоритма обеспечивает наглядное отображение количества попаданий пользовательских запросов в узлы системы. Данный подход позволяет выявить слабо проработанные узлы сценария диалога для дальнейшей оптимизации. Для реализации графа был использован алгоритм рисования Force-directed [4, 5].

**Описание графа сценария обработки запроса.** Граф строится на основе «истории» пользовательских диалогов за требуемый для оценки качества диалоговой системы интервал времени.

Графовое представление имеет древовидную структуру, соответствующую сценарию обработки запросов пользователя. В узлах графа располагаются темы.

Граф иерархической структуры сценария диалога изображен на рис. 1.

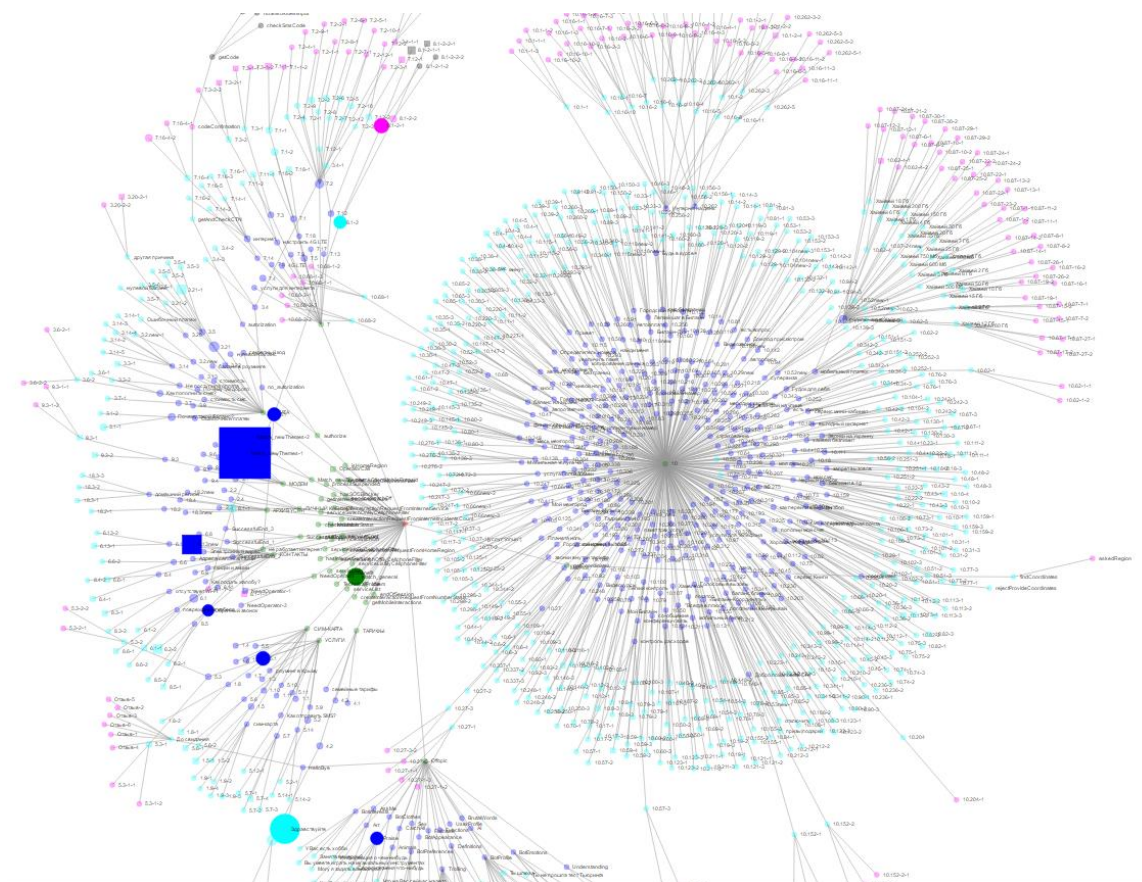


Рис. 1. Графовое представление иерархической структуры сценария диалога

Цвет узла отражает уровень вложенности темы в структуре сценария: красный – это «корневая» тема, зеленый – это темы второго уровня, синий – третьего, бирюзовый – четвертого, розовый – пятого. Узел «закрашивается» в случае, если хотя бы один вопрос клиента попал в соответствующую тему. Размер («площадь») узла прямо пропорционален(на) количеству запросов клиента, попавших в соответствующую тему. Квадратную форму имеют узлы, соответствующие темам, в которых происходит перевод на оператора, т.е. диалог с клиентом передается оператору с сохранением предыдущего контекста.

Граф имеет динамическую структуру, т.е. узлы можно «перемещать» до наглядного представления.

**Процесс анализа.** Хорошо проработанная тема имеет разветвленную структуру.

Если узел имеет хорошо разветвленную структуру, но контур не закрашен, то тема хорошо проработана, но мало популярна, следовательно, не требует дополнительного внимания. Увеличенный узел графового представления диалога представлен на рис. 2.

Недостаточно проработанные в структуре сценария обработки запросов клиента темы, соответствуют узлам большой площади (размера) и требуют дополнительной детализации – декомпозиции на подтемы.

Для тем, изображенных на графе узлами квадратной формы большой площади, необходимо добавить ответ в справочник базы знаний или запрашивать ответ в сторонних инфосистемах. Тем самым снизится нагрузка на операторов КЦ.

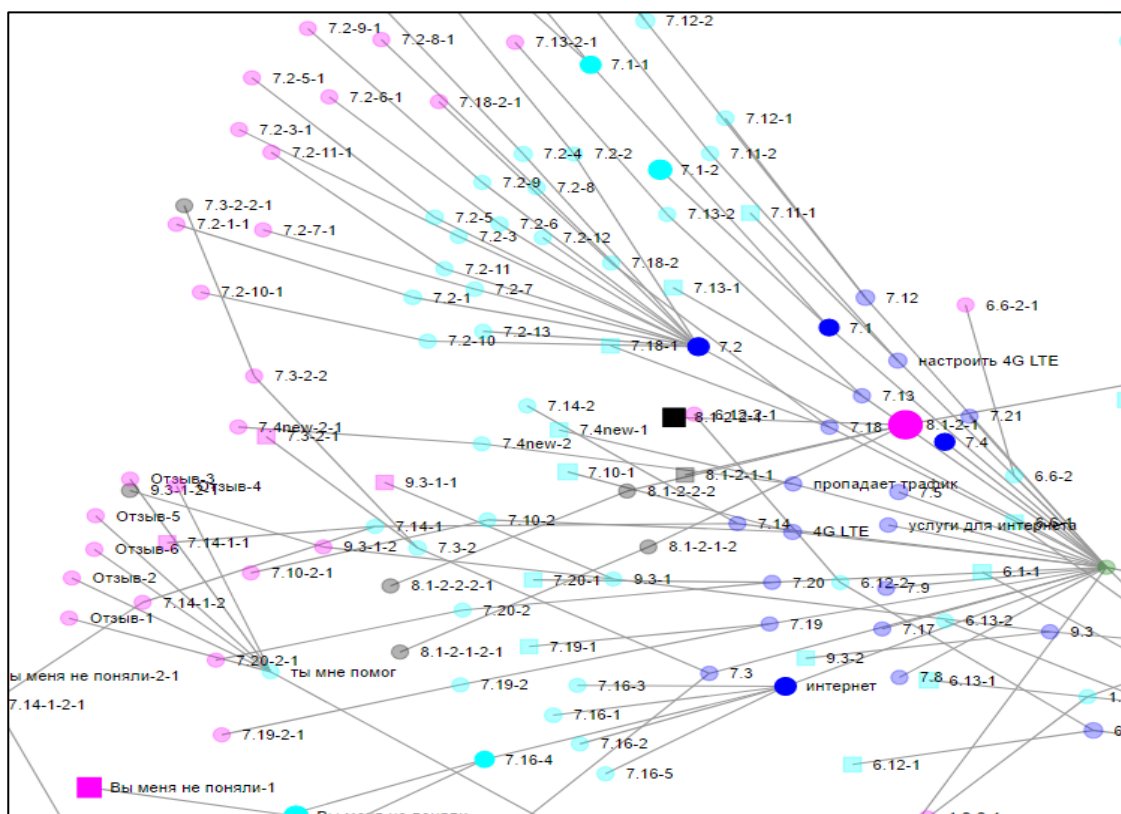


Рис. 2. Увеличенный узел графового представления иерархической структуры сценария диалога

### Литература

1. Yang Y. and Chute Ch.G. An example-based mapping method for text categorization and retrieval // ACM Trans. Inf. Syst. – 1994. – V. 12(3). – P. 252–277.
2. Liu B., Hsu W., Ma Y. Integrating classification and association rule mining [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aaai.org/Papers/KDD/1998/KDD98-012.pdf>, своб.
3. Ghosh A., Bhaskar P., Pal S., Bandyopadhyay S. Rule Based Plagiarism Detection using Information Retrieval [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.academia.edu/16403256/Rule\\_Based\\_Plagiarism\\_Detection\\_using\\_Information\\_Retrieval](http://www.academia.edu/16403256/Rule_Based_Plagiarism_Detection_using_Information_Retrieval), своб.
4. Fruchterman T.M.J., Reingold E.M. Graph drawing by force-directed placement // Software: Practice and experience. – 1991. – V. 21. – № 11. – P. 1129–1164.
5. D3JS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://d3js.org/>, своб.

УДК 004.623

**АНАЛИЗ МЕТОДОВ УСКОРЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ОБМЕНА ДАННЫМИ  
МЕЖДУ МОБИЛЬНЫМ ПРИЛОЖЕНИЕМ И ВЕКТОРНЫМ  
СОПРОЦЕССОРОМ МОБИЛЬНОГО УСТРОЙСТВА****Хижняков Д.В.<sup>1</sup>****Научный руководитель – к.т.н., доцент Затворницкий А.П.<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе рассмотрены методы ускорения обмена данными между мобильным приложением и памятью векторного сопроцессора мобильного устройства, которые могут ускорить работы алгоритмов и систем, использующих вычисления на векторных сопроцессорах. В процессе работы были сделаны выводы о целесообразности использования различных методов и их комбинаций для достижения максимального прироста производительности в рамках решаемых задач.

**Ключевые слова:** оптимизация памяти, векторные сопроцессоры, обмен данных, система распознавания речи, умножение матриц, текстура, мобильное устройство, мобильное приложение, нейронные сети.

Предыдущие исследования показали, что при реализации систем распознавания речи на основе нейронной сети, целесообразно переносить часть вычислений на векторный сопроцессор мобильного устройства. Данный метод позволяет получить многократное ускорение в аналогичных системах для персональных компьютеров [1], что обусловлено высокими требованиями к вычислительным мощностям, которые появляются из-за больших размерностей матриц, используемых в нейронных сетях для распознавания речи [2]. Одним из методов ускорения работы систем распознавания речи на мобильных устройствах является реализация приложения с клиент-серверной архитектурой [3]. Однако данный метод имеет недостатки в виде необходимости постоянного подключения к Интернету и уязвимости личных данных пользователей. В рамках предыдущих исследований была выявлена проблема, заключающаяся в долгом обмене данными между мобильным приложением и памятью векторного сопроцессора. Решение данной проблемы позволит получить значительный прирост в скорости, что доказано в аналогичных исследованиях [4].

При работе с векторными сопроцессорами на мобильных устройствах существует ряд ограничений, вызванных техническими особенностями векторных сопроцессоров, а также особенностями библиотек, позволяющих работать с векторным сопроцессором.

Для работы с векторным сопроцессором в данной работе использовалась библиотека OpenGL ES, поскольку она является наиболее поддерживаемой и распространенной библиотекой, существующей на сегодняшний день, которая позволяет решать поставленные задачи [5].

Данная библиотека является модифицированным вариантом библиотеки OpenGL, которая используется в аналогичных системах на персональных компьютерах. Ввиду этого, данная библиотека не имеет большей части функционала, которой обладает библиотека OpenGL, а также имеет ряд дополнительных ограничений.

Важнейшие ограничения, с точки зрения данного исследования, – это невозможность использования функции TransformFeedback и геометрического шейдера на подавляющем большинстве существующих устройств. Данные функции доступны только на определенных моделях мобильных телефонов под управлением операционной системы Android 4.3 и выше, и соответствующей поддержки со стороны векторного сопроцессора. На сегодняшний день устройства, имеющие поддержку данного функционала, составляют менее 10% от общего числа устройств под управлением операционной системы Android.

Дальнейшие исследования проводились с учетом данных ограничений. Теоретически, поддержка данных функций может дать еще больший прирост в скорости работы, однако, на сегодняшний день, ввиду недостаточно высокого процента устройств, для которых возможно реализовать алгоритмы с использованием данного функционала, было принято решение о том, что их использование в исследовании не целесообразно.

В качестве возможных методов передачи данных в память векторного сопроцессора были выделены два основных метода, которые возможно реализовать с помощью используемой библиотеки OpenGL ES: передача данных в качестве атрибутов в вершинный шейдер (тип данных – mat2, mat3, mat4) и передача данных в качестве текстуры в текстурный шейдер.

При передаче данных в качестве атрибутов в вершинный шейдер можно выделить два основных преимущества данного способа – простота реализации и передача данных без потери точности. Однако данный метод имеет недостатки – в частности, размерность входных массивов должна являться степенью числа 2, 3 или 4. Данный недостаток возникает ввиду того, что атрибуты вершинного шейдера, способные хранить матрицы, могут быть выражены всего тремя различными типами данных – mat2 (матрица размера 2 на 2), mat3 (матрица размера 3 на 3) или mat4 (матрица размера 4 на 4). Из-за этого для передачи данных о матрицах большого размера необходимо разбивать их на матрицы поддерживаемых размеров, что приводит к условию кратности размерности матрицы. В случае если данное условие не будет выполнено, матрицы необходимо будет добавить нулями до соблюдения данного условия, что, очевидно, может привести к значительному увеличению объема передаваемых данных и, соответственно, к увеличению времени работы алгоритма.

Кроме того, в качестве недостатка данного метода можно также отметить достаточно большой объем передаваемых данных, превышающий размерность входных матриц.

Результаты проведенных экспериментов отображены в табл. 1, где представлена зависимость среднего времени обмена данными, среднего времени умножения матриц от размерности матриц.

Таблица 1. Время работы алгоритма при передаче данных в качестве атрибутов векторного шейдера

Размерность матриц	Время обмена данными, $10^{-9}$ с	Время операции умножения, $10^{-9}$ с
4	937'183.56	7'187.69
8	1'407'499.25	17'854.09
16	5'968'039.59	161'638.78
32	39'076'932.97	1'384'237.83
64	205'721'173.64	8'191'877.96
128	1'549'814'625.70	62'188'751.67
256	14'330'496'731.98	619'052'762.83
512	127'179'007'894.25	5'638'549'349.78

Как видно из табл. 1, время обмена данными значительно больше времени выполнения операции умножения, что подтверждает теорию о нецелесообразности использования данного метода для передачи данных в память векторного сопроцессора.

Другой метод, рассмотренный в данной работе, предполагает передачу данных в качестве текстуры в текстурный шейдер. Для использования данного метода



необходимо привести данные в формат текстуры, т.е. закодировать матрицу в качестве набора цветов пикселей текстуры. Данное преобразование имеет ряд ограничений, поскольку объем памяти под каждый пиксель отводится в соответствии с выбранным типом и форматом цвета.

Доступные форматы цвета пикселя в соответствии со спецификацией OpenGL ES: GL\_RED (G=0, B=0, A=1), GL\_RED\_INTEGER, GL\_RG (B=0, A=1), GL\_RG\_INTEGER, GL\_RGB (A=1), GL\_RGB\_INTEGER, GL\_RGBA, GL\_RGBA\_INTEGER.

Доступные типы цвета пикселя: GL\_UNSIGNED\_BYTE, GL\_BYTE (8 бит), GL\_UNSIGNED\_SHORT, GL\_SHORT (16 бит), GL\_UNSIGNED\_INT, GL\_INT (32 бита), GL\_HALF\_FLOAT (16 бит), GL\_FLOAT (16 или 32 бита).

За счет комбинации различных значений типа и формата цвета пикселя можно получить различную точность передаваемых данных. При недостаточном объеме памяти, выделенном на каждый элемент, будет происходить потеря точности, что может привести к неверным результатам обработки данных. В свою очередь, слишком большой объем выделенной памяти приведет к увеличению общего объема передаваемых данных, что негативно скажется на скорости передачи данных в целом.

Для подтверждения данных предположений были проведены эксперименты с использованием различных параметров типа цвета пикселя. Результаты экспериментов с использованием различных параметров приведены в табл. 2 и 3. В обоих случаях получение информации из шейдера производилось через рисование на экране с последующим чтением цвета пикселей.

Таблица 2. Время работы алгоритма при передаче данных в качестве текстуры в текстурный шейдер (тип цвета – GL\_FLOAT)

Размерность матриц	Время обмена данными, $10^{-9}$ с	Время операции умножения, $10^{-9}$ с
4	650'355.48	295'944.09
8	732'084.58	397'929.30
16	829'391.73	446'369.22
32	1'190'719.96	553'509.24
64	1'227'255.36	587'818.44
128	1'441'730.72	607'415.95
256	1'736'049.26	899'861.54
512	1'839'937	1'951'786.16

Таблица 3. Время работы алгоритма при передаче данных в качестве текстуры в текстурный шейдер (тип цвета – GL\_UNSIGNED\_BYTE)

Размерность матриц	Время обмена данными, $10^{-9}$ с	Время операции умножения, $10^{-9}$ с
4	560'737.45	259'237.02
8	642'731.53	344'586.09
16	720'726.81	391'029.46
32	794'114.83	438'624.04
64	937'939.04	514'918.97
128	1'067'462.58	534'098.47
256	1'242'290.79	768'278.53
512	1'442'083.74	1'709'724.47

Данные, приведенные в табл. 2 и 3 подтверждают предположения о том, что время работы алгоритма при использовании данного метода зависит от типа цвета пикселя, а также позволяют говорить о том, что данный метод превосходит по скорости работы метод с передачей данных в качестве атрибутов в вершинный шейдер.

Однако, как говорилось ранее, для достижения оптимальной скорости без потери точности данных, требуется предварительный анализ входных данных с целью выбора наиболее подходящих параметров для решения поставленных задач.

Доступные для использования методы получения данных зависят от того какой шейдер используется для вычисления результата. Как уже говорилось ранее, всего поддерживается три типа шейдеров – вершинный, графический и геометрический. Использование геометрического шейдера нерационально ввиду ограничений, описанных ранее. При использовании вершинного шейдера получаем низкую скорость передачи данных и, помимо этого, возможность чтения данных только с помощью функции Transform Feedback, использование которой нерационально из-за ранее описанных ограничений.

При использовании графического шейдера существует три способа получения данных из памяти векторного сопроцессора: через рисование на экране с последующим чтением цвета пикселей, через рисование во Frame Buffer Object (FBO), через рисование в Pixel Buffer Object (PBO).

Рисование на экране – наиболее простой способ с точки зрения реализации. Однако он имеет ряд недостатков: необходимость отображения графического результата на экране мобильного устройства и низкую скорость чтения данных, поскольку требуется загрузка изображения на экран и последующее чтение цветов пикселей.

При рисовании в FBO или PBO можно решить проблему с необходимостью отображения графического результата на экране мобильного устройства, а также получить значительно большую скорость чтения данных.

PBO позволяет получать информацию о цветах пикселей быстрее, чем при использовании FBO, что в данном случае может привести к требуемому ускорению работы программы.

Результаты экспериментов при получении данных через PBO приведены в табл. 4. В данных экспериментах передача данных в текстурный шейдер производилось с помощью текстуры с типом цвета пикселя GL\_FLOAT.

Таблица 4. Время работы алгоритма при получении данных через PBO

Размерность матриц	Время обмена данными, $10^{-9}$ с	Время операции умножения, $10^{-9}$ с
4	543'216.84	297'014.09
8	681'354.91	389'129.30
16	786'453.69	447'367.22
32	984'625.38	536'049.26
64	1'032'284.61	612'675.57
128	1'124'613.28	605'734.15
256	1'357'059.12	902'154.43
512	1'623'897.54	1'932'657.17

На основании полученных результатов, можно сделать вывод о том, что вывод данных через PBO является наиболее быстрым способом получения данных из памяти векторного сопроцессора.

Исходя из результатов экспериментов, можно сделать следующие выводы:

- оптимальным способом передачи данных в память векторного сопроцессора на сегодняшний день является передача в качестве текстуры в текстурный шейдер;
- оптимальным способом получения данных из памяти векторного сопроцессора является рисование в РВО с последующим чтением цвета пикселей;
- при передаче данных необходимо подбирать параметры типа и формата цвета пикселя для получения наилучших результатов.

Как видно из результатов экспериментов, рассмотренные методы позволяют значительно сократить скорость обмена данными между мобильным приложением и памятью векторного сопроцессора относительно исходной реализации.

Данные результаты, позволяющие сформулировать рекомендации по использованию методов оптимизации в дальнейшем, позволят ускорить работу различных систем и алгоритмов на мобильных устройствах. В частности, нейронные сети могут быть реализованы на мобильных устройствах с разумным временем работы, что позволяет создавать приложения, в том числе системы распознавания речи, работающие автономно на пользовательском устройстве и, тем самым, решающие проблемы других подходов, которые были описаны ранее.

### Литература

1. Ватутин Э.И., Мартынов И.А., Титов В.С. Оценка реальной производительности современных процессоров и видеокарт с поддержкой технологии CUDA в задаче умножения матриц // CUDA альманах. – 2015. – С. 9–10.
2. Убский Д.С. Сверточная нейронная сеть для распознавания речи // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. – 2016. – Т. 5. – С. 127–128.
3. Чепурко А.И. Портинг STC ASR SDK под Android API 21// Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО. – 2016. – Т. 5. – С. 206–207.
4. Cheng K.T. and Wang Y.C. Using mobile GPU for general-purpose computing – a case study of face recognition on smartphones [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lbmedia.ece.ucsb.edu/resources/ref/vlsidat11.pdf>, своб.
5. Ginsburg D., Purnomo B., Shreiner D., Munshi A. OpenGL ES 3.0 programming guide. – 2nd Ed. – Addison-Wesley, 2014. – P. 4–7, 8–9, 11–13.

УДК 681.7.064.454

### ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСВЕТЛЯЮЩИХ ПОКРЫТИЙ С ЗАДАНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ТОЛЩИНЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДИАФРАГМЫ НА СФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЯХ БОЛЬШОЙ КРИВИЗНЫ

Хоанг Тхань Лонг<sup>1</sup>

Научный руководитель – д.т.н., профессор Губанова Л.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе рассмотрены способы получения слоев с заданным распределением толщины по поверхности сферического элемента большой кривизны. Определены факторы, влияющие на профиль распределения относительной толщины слоя на выпуклой поверхности оптической детали известного малого радиуса (2–12 мм) при формировании на ней слоев через круглую диафрагму в вакуумной установке. В работе проведен анализ влияния распределения заданной толщины слоя на размер зоны просветления, определенный как отношение радиуса зоны поверхности оптического элемента, в котором отражение меньше некоторой величины, к его радиусу ( $\rho/r$ ), при использовании круглой диафрагмы.

**Ключевые слова:** просветляющее покрытие, зона просветления, оптическая деталь большой кривизны, диафрагма.

**Введение.** Наиболее распространенным методом нанесения интерференционных слоев на поверхностях оптических элементов является метод термического испарения в вакууме. Осаждение материала проводится методом термического испарения вещества в вакууме. Для создания условий осаждения используется вакуумная установка (ВУ), состоящая из вакуумной камеры, в которой проводится осаждение вещества, откачивающей системы, блоков аппаратуры накала испарителей и обработки подложек тлеющим разрядом, системы контроля толщины слоев в процессе их формирования [1, 2].

Формирование интерференционных покрытий, имеющих заданное распределение по толщине на поверхности оптической детали, может осуществляться различными способами. В данной работе рассмотрен способ получения слоев с заданным распределением толщины по поверхности сферического элемента при использовании круглой диафрагмы, находящейся между испарителем и подложкой, экранирующей часть молекулярного потока испаряемого вещества и перераспределяющей его на заданном участке поверхности оптической детали. Помимо этого, определены факторы, влияющие на распределение относительной толщины слоев и распределение коэффициента отражения по поверхности оптического элемента.

**Математический анализ.** Для решения поставленных задач использованы основные положения теоретической модели. Рассмотрим схему установки для формирования слоев с переменным профилем толщины на сферической подложке с использованием круглой диафрагмы при одинарном вращении оптической детали. Основными элементами модели осаждения являются: испаритель, подложкодержатель, на котором расположена сферическая подложка, и диафрагма с круглым отверстием.

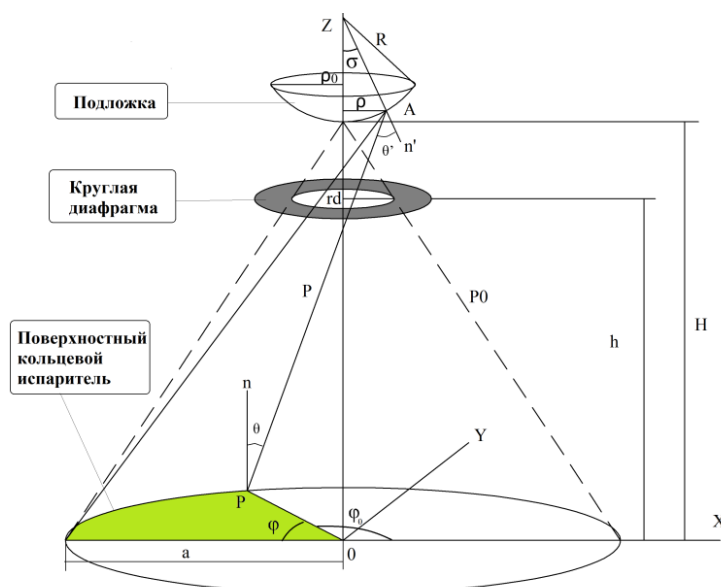


Рис. 1. Схема формирования слоя на сферической поверхности

Осаждение слоя реализуется из малого поверхностного испарителя на вращающуюся оптическую деталь, как известно из литературы – это можно рассматривать как испарение из кольцевого поверхностного испарителя на неподвижную подложку в предположениях, обычных для испарения веществ в вакууме [3]. В неподвижной системе координат XYZ, которая связана с центром O кольцевого поверхностного испарителя, круглая диафрагма расположена между испарителем и подложкой, расположенной осесимметрично кольцевого поверхностного испарителя OZ. Как показано на схеме (рис. 1):  $h$  – расстояние между плоскостями, в которых расположены испаритель и диафрагма;  $r_d$  – радиус диафрагмы;  $a$  – радиус кольцевого

поверхностного испарителя;  $H$  – расстояние от плоскости, в которой расположен испаритель до полюса сферической поверхности детали по нормали до плоскости испарителя;  $\theta$  – угол между направлением на исследуемую точку  $A$  на поверхности сферической подложки ( $P_1A$ ) и нормалью ( $n$ ) к испарителю;  $\theta'$  – угол между нормалью ( $n'$ ) к исследуемой точке  $A$  и направлением ( $AP_1$ ) на испаритель;  $R$  – радиус сферической детали;  $\rho_0$  – габарит сферической детали;  $\rho$  – радиальная координата любой точки на поверхности сферической подложки ( $0 \leq \rho \leq \rho_0$ ), отсчитываемая по нормали к оси вращения;  $P$  – расстояние от исследуемой точки на поверхности детали до точки на испарителе. Если диафрагма не перекрывает поток испаряемого материала, т.е. испаритель полностью виден из точки  $A$ , тогда толщина слоя в зоне исследуемой точки  $A$  определена по выражению [4]:

$$d = \frac{2m\beta}{\pi g} \int_0^\pi \frac{\cos \theta \cos \theta'}{P^2} d\varphi. \quad (1)$$

Для наших целей рассматриваются границы на подложке, ограничивающие область, в которой молекулярный поток частично перекрывается. Границы определяются радиусами испарителя  $a$ , диафрагмы  $r_d$  и их относительным расположением внутри вакуумной камеры. Толщина слоя внутри этой области определяется следующей формулой:

$$d = \frac{2m\beta}{\pi g} \int_{\varphi_0}^\pi \frac{\cos \theta \cos \theta'}{P^2} d\varphi. \quad (2)$$

Пределы интегрирования по  $\varphi_0$  в выражении (2), определяющие какая часть испарителя видна из точки  $A$ , вычисленная по выражению [4]:

$$\varphi_0 = ar \cos \left[ \frac{(r_d Z_p)^2 - [a(Z_p - h)]^2 - (\rho h)^2}{2ah\rho(Z_p - h)} \right], \quad (3)$$

где  $Z_p = H \pm (R - \sqrt{R^2 - \rho^2})$  – расстояние от исследуемой точки до поверхности испарителя, знак «+» относится к выпуклой, знак «-» к вогнутой поверхностям.

Для того чтобы найти интегралы (2), необходимо определить остальные параметры, а именно  $\cos \theta$ ,  $\cos \theta'$  и  $P$  [5]. Согласно схеме, представленной на рис. 1 можно получить следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} \cos \theta = \frac{Z_p}{P} = \frac{H + R - \sqrt{R^2 - \rho^2}}{P}; \cos \theta' = \frac{n'_x P_x + n'_y P_y + n'_z P_z}{P}, \\ P^2 = P_x^2 + P_y^2 + P_z^2 \end{cases}, \quad (4)$$

где  $n'_x, n'_y, n'_z$  – составляющие внешней единичной нормали  $n'$ ;  $P_x, P_y, P_z$  – составляющие вектора  $AP_1$  или просто вектора  $P$ . Эти величины вычислены следующим образом:

$$\begin{cases} n'_x = \pm \frac{\rho}{R}, n'_y = 0, n'_z = -\frac{\sqrt{R^2 - \rho^2}}{R}; P_x = a \cos \varphi - \rho \cos \alpha = a \cos \varphi - \rho, \\ P_y = a \sin \varphi - \rho \sin \alpha = a \sin \varphi; P_z = -Z_p \end{cases}, \quad (5)$$

где знак «+» относится к выпуклой, знак «-» к вогнутой поверхностям. В соответствии с (2), (4) и (5) толщина слоя может быть найдена следующим образом:

$$d = \frac{2m\beta}{\pi g} \int_{\varphi_0}^\pi \frac{Z_p(Z_p \sqrt{R^2 - \rho^2} \mp \rho^2) \pm \frac{\rho a Z_p}{R} \cos \varphi}{(a^2 + \rho^2 + Z_p^2 - 2a\rho \cos \varphi)^2} d\varphi = \frac{2m\beta}{\pi g} \int_{\varphi_0}^\pi \frac{C + D \cos \varphi}{(E + F \cos \varphi)^2} d\varphi, \quad (6)$$

где  $C = \frac{Z_p(Z_p\sqrt{R^2-\rho^2} \mp \rho^2)}{R}$ ,  $D = \frac{\pm\rho a Z_p}{R}$ ,  $E = a^2 + \rho^2 + Z_p^2$  и  $F = -2a\rho$ .

Данный интеграл в выражении (6) имеет стандартную форму, и может быть найден:

$$d = \frac{2m\beta}{\pi g} \left[ \frac{(ED - CF) \sin \varphi}{(E^2 - F^2)(E + F \cos \varphi)} + \frac{2(CE - DF)}{(E^2 - F^2)^{3/2}} \operatorname{actg} \left[ \sqrt{\frac{E - F}{E + F}} \operatorname{tg} \left( \frac{\varphi}{2} \right) \right] \right]. \quad (7)$$

На практике часто используют так называемую относительную толщину, определенную как отношение толщины слоя по поверхности и толщины в центре оптической детали:

$$d/d_0 = \frac{(H^2 + a^2)^2}{\pi H^2} \left[ \frac{\pi(CE - DF)}{(E^2 - F^2)^{3/2}} - \frac{(ED - CF) \sin \varphi_0}{(E^2 - F^2)(E + F \cos \varphi_0)} - \frac{2(CE - DF)}{(E^2 - F^2)^{3/2}} \times \operatorname{arctg} \left[ \sqrt{\frac{E - F}{E + F}} \operatorname{tg} \left( \frac{\varphi_0}{2} \right) \right] \right], \quad (8)$$

где  $d_0$  – толщина пленки в центре подложки (максимально возможная толщина), и определена по формуле [4]:

$$d_0 = \frac{2m\beta}{\pi g} \int_0^{\pi} \frac{H^2}{\rho^4} d\varphi = \frac{2m\beta}{\pi g} \frac{\pi H^2}{(H^2 + a^2)^2}. \quad (9)$$

**Основные результаты.** При изменении геометрических параметров оснастки:  $H$ ,  $h$ ,  $a$  и  $r_d$  (рис. 1), возможно получить два типа распределения профиля толщины слоев: с минимальной и максимальной толщиной в центре детали. Первый тип распределения с минимальной толщиной в центре определяется условием:  $r_d < a(H-h)/H$ . Если радиус круглой диафрагмы удовлетворяет этому условию, тогда в центре подложки отсутствует слой. Второй тип распределения с максимальной толщиной в центре определяется условием:  $r_d > a(H-h)/H$ .

На рис. 2 представлены два типа возможных профилей распределения относительной толщины  $d/d_0$  слоев на выпуклой поверхности детали при параметрах оптической детали:  $R=10$ ,  $\rho_0=10$  мм, оснастки вакуумной камеры:  $H=460$  мм,  $h=440$  мм,  $a=230$  мм. Рис. 2, а, соответствует радиусу диафрагмы  $r_d=9$  мм, рис. 2, б, –  $r_d=12$  мм.

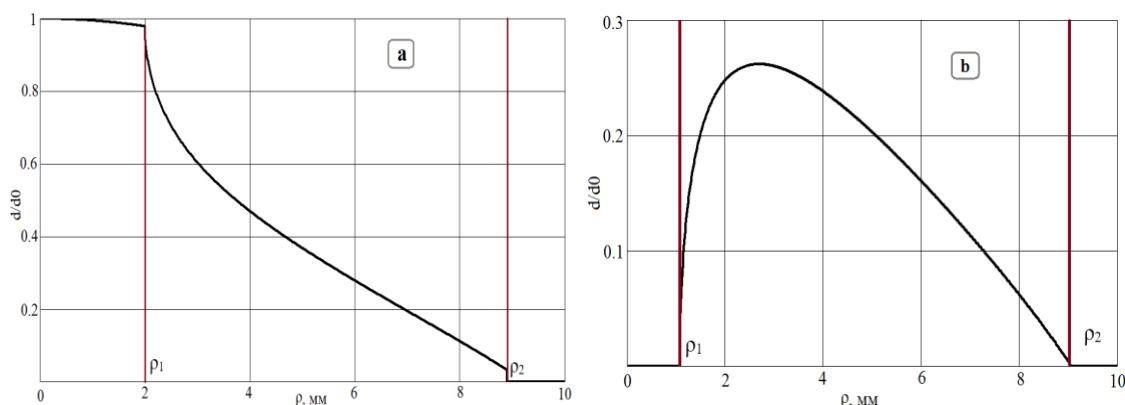


Рис. 2. Зависимость относительной толщины слоя на выпуклой поверхности от радиальной координаты  $\rho$ : 1-й тип (а) и 2-ой тип (б)

На рис. 3 представлено влияние значения величины радиуса диафрагмы на распределение относительной толщины слоя при формировании покрытий на оптических элементах с постоянным радиусом кривизны, равным  $r_d=10$  мм, при

постоянных геометрических параметрах в вакууме:  $H=460$  мм,  $h=440$  мм и  $a=230$  мм, кривые 1 –  $r_d=13$  мм; 2 –  $r_d=11$  мм; 3 –  $r_d=9$  мм; 4 –  $r_d=7$  мм. Как показано на рис. 3, с уменьшением радиуса диафрагмы, в случае  $r_d < a(H-h)/H$ , зона минимальной толщины в центре увеличивается, и зона переменной толщины уменьшается с уменьшением ее максимального значения относительной толщины. А при увеличении радиуса диафрагмы  $r_d > a(H-h)/H$  зона максимальной толщины в центре увеличивается, и зона переменной толщины сужается. Аналогично, при изменении одного из остальных параметров, таких как  $H$ ,  $a$  и  $h$  тоже наблюдается изменение относительного распределения толщины слоя, похожее на изменение радиуса диафрагмы.

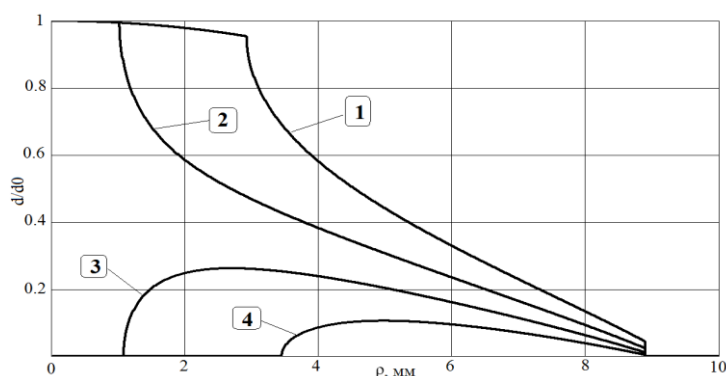


Рис. 3. Зависимости распределение относительной толщины на выпуклой поверхности от радиальной координаты  $\rho$  при изменении радиуса диафрагмы

Далее будет проведен анализ влияния распределения заданной толщины слоя на зону просветления при использовании круглой диафрагмы, расположенной между плоскостью испарителя и плоскостью подложкодержателя. На рис. 4 представлено распределение энергетического коэффициента отражения однослойного просветляющего покрытия на выпуклой поверхности сферической оптической детали, радиус которой  $R=10$  мм, в зависимости от изменения профиля геометрической толщины слоя. Переменный слой сформирован при условии:  $H=460$  мм,  $h=443,34$  мм,  $a=230$  мм,  $r_d=5,66$  мм, структура просветляющего покрытия:  $n_0=1,0$ ,  $n_1=1,35$ ,  $n_m=1,65$ ,  $\lambda=\lambda_0=550$  нм, и в центральной зоне оптической детали оптическая толщина  $n_1 d_1 = \lambda_0/4$ .

Как видно из графика, представленного на рис. 4, а, в центральной зоне, в которой слой формируется без применения диафрагмы (экрана) энергетический коэффициент отражения считается постоянным, значение его минимально для заданной конструкции покрытия. Эта зона ограничена радиальной координатой, лежащей в интервале от 0 до  $\rho_1$ . В ней оптическая толщина слоя выбрана из условия просветления, аналогичного получению минимального отражения на плоскопараллельной подложке при угле падения излучения  $0^\circ$ . Далее, когда толщина слоя увеличивается до значения  $d_0$ , энергетический коэффициент отражения несущественно уменьшается. При дальнейшем ее увеличении энергетический коэффициент отражения увеличивается до максимального значения, зависящего от размера толщины  $d_{\max}$ , соответствующей радиальной координате  $\rho_{\max}$ , потом толщина слоя уменьшается, и энергетический коэффициент отражения тоже снижается до минимума. Значение минимального коэффициента отражения зависит от согласования толщины и угла падения в точке оптического элемента при радиальной координате  $\rho_{\min}$ , и дальше с уменьшением толщины слоя и увеличением угла падения излучения на краю оптической детали энергетический коэффициент отражения быстро увеличивается (рис. 4, б). Как видно из графика, представленного на рис. 4, б, чем больше размер диапазона  $\rho_{\max}-\rho_{\min}$ , тем больше зона просветления.



Рис. 4. Распределение энергетического коэффициента отражения в зависимости от изменения геометрической толщины на выпуклой поверхности оптической детали

При формировании переменного слоя на поверхностях сферической детали большой кривизны на размер зоны просветления влияют следующие факторы:

- выбор размера зоны постоянной толщины, в которой слой формируется без применения диафрагмы (экрана), и энергетический коэффициент отражения считается постоянным, соответствующей радиальной координате от 0 до  $r_1$ ;
- профиль геометрической толщины, сформированной с применением диафрагмы (экрана);
- конструкция просветляющего покрытия.

**Заключение.** В результате выполненных исследований рассмотрен способ получения слоев с заданным распределением толщины на сферической подложке, при формировании его из маленького поверхностного испарителя через круглую диафрагму, удаленную от испарителя на известное расстояние при одинарном вращении оптической детали.

Рассмотрено распределение энергетического коэффициента отражения при изменении профиля распределения толщины слоя по поверхности оптической детали большой кривизны.

Показаны факторы, влияющие на профиль распределения относительной толщины слоя на поверхности оптической детали известного малого радиуса (2–12 мм) при формировании на ней слоев через круглую диафрагму в вакуумной установке. Также проведен анализ влияния распределения заданной толщины слоя на размер зоны просветления, определенный как отношение радиуса зоны поверхности оптического элемента, в котором отражение меньше некоторой величины, к его радиусу ( $\rho/r$ ), при использовании круглой диафрагмы.

### Литература

1. Путилин Э.С., Губанова Л.А. Оптические покрытия: учебник. – СПб.: ЛАНЬ, 2016. – 268 с.
2. Baumeister P.W. Optical Coating Technology. – Bellingham, Wash.: SPIE, 2004. – 832 p.
3. Гайнутдинов И.С., Несмелов Е.А., Михайлов А.В. и др. Свойства и методы получения интерференционных покрытий для оптического приборостроения. – Казань: Изд. ФЭН, 2003. – 424 с.



4. Холлэнд Л. Нанесение тонких пленок в вакууме / Пер. с англ. Н.В. Васильченко. – М.; Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 608 с.
5. Macleod H.A. Thin-Film Optical Filters. – 4th ed. – Boca Raton, FL: CRC Press, 2010. – 800 p.

УДК 004.93'1

**ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ  
ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МОДУЛЯ ВИДЕОКОНТРОЛЯ НА ОДНОПЛАТНОМ  
КОМПЬЮТЕРЕ**

**Храбрый Д.В.<sup>1</sup>**

**Научный руководитель – к.т.н., доцент Хлопотов М.В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе рассмотрено применение различных групп алгоритмов распознавания образов, таких, где строится регрессионная функция зависимости количества людей в одной из областей кадра от видимых признаков в этой области. Представлена группа алгоритмов, которые строят траектории в последовательности кадров видео и применяют кластеризацию и подход, основанный на выделении людей, попадающих кадр, а также предложен собственный алгоритм.

**Ключевые слова:** алгоритмы, компьютерное зрение, распознавание образов, видеопоследовательность.

Современные микрокомпьютеры имеют маленькие размеры и для своих размеров являются довольно производительными устройствами. В сочетании с веб-камерой можно реализовать систему видеоконтроля. На сегодняшний день в лабораториях реализовывается множество проектов, которые представляются на различных научных конкурсах и мероприятиях. Для реализации научных проектов в лаборатории имеется различное оборудование, позволяющее реализовывать эти проекты. В связи с тем, что так лаборатории набирают свою популярность, количество посетителей растет и, исходя из этого, предложено реализовать проект, включающий в себя модуль видеоконтроля посетителей лабораторий, позволяющий запомнить посетителей. В настоящий момент трудно подобрать метод, который при высокой точности определения числа людей в кадре был бы применим для других сцен без необходимости заново настраивать параметры или обучаться на новой сцене. В работе проведено исследование существующих групп методов распознавания образов, и предлагается новый алгоритм, основанный на исследованных алгоритмах с использованием детектора головы человека.

**Цель работы** состояла в исследовании алгоритмов распознавания образов для разработки модуля видеоконтроля на одноплатном компьютере для оптимизации доступа к оборудованию и обучению новых посетителей.

В качестве обнаружителя используется алгоритм, основанный на использовании мягкого каскада, а в качестве признаков изображения используются суммы значений яркости, цвета, нормы градиента и значений откликов фильтров градиента по прямоугольным областям. Захват настраивается таким образом, чтобы обеспечивать как можно больше возможную полноту обнаружения, т.е. выделять максимум голов людей, содержащихся в кадре. Из-за малого размера области изображения головы, требование высокой полноты приводит к ложному срабатыванию захвата. Предлагается многоэтапная фильтрация ложных срабатываний по таким критериям, как размер обнаружения, рост человека, согласования обнаружения с выделенной областью переднего плана, временная стабильность.

Имеющиеся методы оценки количества людей на изображении можно разделить на три большие группы: регрессионные, на основе кластеризации траекторий, на основе явного выделения отдельных людей в кадре.

К первой группе относятся методы, в которых строится регрессионная функция зависимости количества людей в одной из областей кадра от видимых признаков в этой области. Данные методы дают наилучшую точность подсчета числа голов, но только в тех случаях, где была проведена ручная разметка примеров, и которые использовались для обучения алгоритма. Алгоритмы второй группы строят траектории в последовательности кадров видео и применяют кластеризацию [1]. Данные алгоритмы строят траектории точек и считают человеком множество одинаково двигающихся точек. Эти алгоритмы могут успешно применяться при обработке сцен, но плохо справляются в ситуациях, когда траектория отсутствует, например, очередь или толпа. Третий подход, основанный на выделении людей, попадающих кадр [2]. Из-за многочисленных перекрытий изображения человека другими людьми алгоритм выделения объектов может хорошо применяться только для обнаружения определенных частей тела, таких как голова.

Представленный алгоритм решения задачи основан на исследуемых алгоритмах, в котором за основу взят подход на основе выделения голов на изображении [3]. В качестве детектора голов используется алгоритм на основе мягких каскадов классификаторов [4], адаптированный для поиска объектов небольших размеров.

В результате настройки алгоритм обозначения головы имеет высокую полноту и не самую высокую точность, т.е. не пропускает объекты, но выявляет множество ложных обнаружений, как показано на рис. 1, а. Для фильтрации ложных срабатываний проводится процедура, основанная на ряде характеристик обнаружений. Первый этап фильтрации основан на наблюдении, в котором размер голов на изображении, снятом с камеры видеонаблюдения, которая закреплена статически, различается незначительно. Для этого предлагается применить метод из статьи [5] с использованием вектора перспективы, который считает при начальной настройке камеры. Результат после первого этапа фильтрации показан на рис. 1, б.



Рис. 8. Обнаружения: до применения фильтрации (а) и после фильтрации по размеру изображения (б)

На втором этапе фильтрации нужно избавиться от обнаружений, находящихся не на переднем плане. Для вычисления переднего плана используется алгоритм вычитания фона на основе вычисления разницы каждого пикселя, текущего и фонового изображений. На начальном этапе настройки алгоритма берется изображение без людей. Для каждого кадра выделяется маска переднего плана. Результат фильтрации второго этапа продемонстрирован на рис. 2, а.

На третьем этапе фильтрации используется наблюдение, в котором благодаря горизонтальному размещению камер изображение тела находится точно под

изображением головы. Так как тело является передним планом, можно отфильтровать обнаружения, под которыми нет области, соответствующей телу человека. По маске переднего плана и настройкам камеры можно вычислить порог, который соответствует минимальному росту человека с учетом перспективы кадра, и отфильтровывать обнаружения, под которыми пикселей переднего плана окажется меньше. Пример результата фильтрации приведен на рис. 2, б.



Рис. 2. Обнаружения после фильтрации: передним планом (а) и высотой (б)

На четвертом этапе проводится фильтрация по градиентам. В работе [1] предлагается находить области с градиентом, расположенным по горизонтали и считать точкой возможного верного обнаружения центр масс в каждой области. Был выбран алгоритм, который считает обнаружение подходящим, если в его верхней части есть хоть один пиксель, который относится к области изображения с градиентами, расположенными по горизонтали. Для каждого обнаружения в кадре, который обрабатывается в некоторой области этого обнаружения, в следующем кадре ищется участок, который будет максимально похожим.

Получается, что для обнаружения текущего кадра получаем множество будущих позиций следующего кадра. При обработке следующего кадра ложными обнаружениями будут считаться те, которые не совпадают ни с одной позицией больше чем наполовину. При этом при совпадении элемент множества удаляется. Пример результата всех этапов фильтрации в совокупности приведен на рис. 3.



Рис. 3. Окончательный вид обнаружений после фильтрации

Для каждого кадра последовательности можно отследить количество пришедших и ушедших людей через границы области интереса, проследив, пересекается ли траектория предыдущего кадра границы области интереса и с какой стороны. Таким образом, для каждого кадра можно узнать «изменение количества людей».

### Литература

1. Васильева Н. Введение в курс «Анализ изображений и видео» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/company/yandex/blog/251161/>, своб.
2. Барсегян А.А., Куприянов М.С., Холод И.И., Тесс М.Д., Елизаров С.И. Анализ данных и процессов: учеб. пособие. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.
3. Лебедев И.М., Тюкин А.Л., Приоров А.Л. Разработка и исследование системы навигации внутри помещений для мобильного робота с возможностью детектирования препятствий // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2015. – Т. 12. – № 1. – С. 52–61.
4. Орлов С. Видеоаналитика: задачи и решения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.osp.ru/lan/2014/06/13041879/>, своб.
5. Бельков Д.В., Едемская Е.Н. Анализ видео-трафика в среде Matlab // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3. – № 7-3(18-3). – С. 366–370.

### UDC 681.518.5

#### THE MOVEMENT ALGORITHM OF A MOBILE ROBOT OVER A ROUGH TERRAIN

Chashchina M.M.<sup>1</sup>

Scientific adviser – PhD., Associate Professor Litvinov Y.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ITMO University

The paper presents a control algorithm of a wheeled robot moving along a given route on a rough terrain. The robot operates in the autonomous regime. Analysis of the surrounding space is carried out by vision systems, several ultrasonic sensors, gyroscope, GPS module and encoder. In operation, the robot is able to detect and avoid obstacles, adjust the originally given motion path when it deviates from the specified route, to build a local map and to track its own position.

**Key words:** rugged terrain, mobile robot, vision system, optimal control, obstacle detection.

Modern mobile robots, regardless of their complexity and functional purpose, should be an autonomous, should have the reliable navigation system and the optimal algorithms of control. The popularity of the autonomous systems is explained by the fact that, unlike manually operated devices, they are able to react quickly to the changes in the environment, do not require additional human resources, and subsequently it can be used in developing the multi-agent systems, which allow to work with complex systems.

This work is dedicated to the development of autonomous mobile robots that perform the following tasks: movement along predetermined paths, detection and detour of obstacles, return to the originally specified route, construction of local map and identification of its own position at real time. The most popular decision of the last two problems is the SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) method, the essence that unites two independent processes (maps construction and identification of robot's position) in a continuous cycle of successive calculations [1]. There are many works devoted to the realization of SLAM idea [2, 3]. Most of the proposed solutions require high computing power.

In this work, the main accent is not made on the improvement of technical or computer bases, but on the development of robot motion algorithms based on the data obtained through such methods as the, for example, SLAM.

There are many solutions of the above problems at a slight-shaped surface. The main difficulties appear when robot moves on the rough terrain. In this case, might be the situations in which robot identifies the inclined surface as an obstacle. The majority of the

problems are solved by injection of additional sensors or improvement of mechanical base. For example, regulation of robot's mass center, depending on changes of the slope angle of the movement surface, as shown in Fig. 1(A). Or using a non-trivial location of robot's wheels, providing the stability on rough terrain, as shown in Fig. 1(B). Management occurs by regulating the torque of the wheels and assessment the slip probability of each wheel. For this purpose the methods of visual odometry and data that are taken from inertial sensors, vision systems and laser range finder are used.

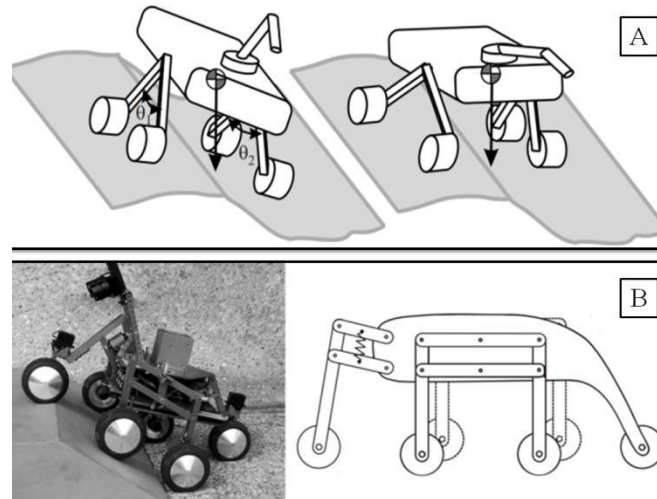


Fig. 1. Sample-Return Rover (A); «Shrimp» platform (B)

The disadvantage of the considered systems is lack of identification algorithms and lack of bypass algorithms of impassable areas. In this paper, an algorithm, based on assessment of the movement surface nature of the movement with the help of an ultrasonic sensor, gyroscope, computer vision is proposed, is proposed.

Regardless of the nature of the robot's working surface, it adheres of the following movement algorithm: moves along the desired path and scans the surrounding space until it fixes an obstacle and go round it. These procedures are performed in a loop until the goal is reached.

Identification of static obstacles, which may face with the mobile platform, is carried out with the help of stereo vision. For this, two identical video cameras are installed at the same axis so that their main optical axes are parallel to each other and are parallel to the movement plane. Distance to points of the obstacles  $Z$  is calculated as follows:

$$Z = \frac{fT}{d},$$

where  $f$  – the focal length of the photodetectors;  $T$  – the distance between the centers of the cameras' projections;  $d$  – the displacement of the projected points on the images of the left and right cameras.

Because the vision system detects only objects, the length of which does not exceed the distance between the cameras  $T$ , install between cameras the ultrasonic sensor. To increase the visible region of the sensor, the rod with sensors is set perpendicular to the body of the robot on a vertical rotatable axis.

When the robot moves, sensors scan the lying ahead area. When an obstacle is detected, the robot stops. The rotary axis first turns at  $90^\circ$  to the left from the central position, then at  $90^\circ$  to the right and then returns to its original position. During the turn, the rotation angle of the axis with sensors and the distances to the points of the obstacles are recorded in the data array. Then the angle at which the obstacle has not been fixed is being selected from the array. If this value is detected, the robot is rotated to the desired angle, moves forward, and returns to a predetermined trajectory with the help of the encoder and the gyro. If the desired angle is not detected, the controller receives a signal "move back" and robot repeats the scan [4].

If robot moves over the rugged terrain, the algorithm of the robot motion on the plane should be supplemented by a second ultrasonic rangefinder. The sensor has been installed perpendicularly to the movement surface, as shown in Fig. 2. The main function of the second ultrasonic sensor – identification of obstacles the type of "step" or sharp precipices.

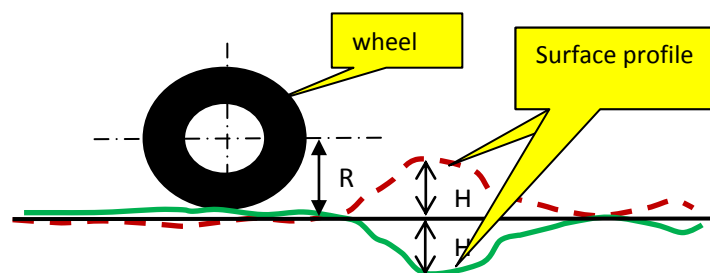


Fig. 2. Determining the nature of the movement surface

Rangefinder determines the distance of the objects, located at an angle from  $60^\circ$  to  $120^\circ$  to the sensor. This corresponds to the maximum allowable corner of the surface, which the robot can overcome without slipping. If the inclination angle of the motion plane does not fall within the specified range, this area is marked as a hindrance. In order not to get to the dangerous area, in addition to the ultrasonic sensor is used a gyroscope. It sends to the controller the data about the changes rate of the mobile robot inclination angle.

During the movement the controller continuously receives data from the rangefinder and the gyroscope. The robot can freely overcome the step, the height of which does not exceed one third of the wheel diameter  $D$ . Thus, if the distance  $H$  is more than  $D/3$ , the robot will stop and go to the detour algorithm of the obstacles.

If the ultrasonic sensor registers maximum value  $N$ , it means that the obstacle is detected, and further on is a deep pit, which the robot can not to overcome. In this case, the robot has to bypass the dangerous area. If the  $H$  value is within the acceptable range, the change speed of the surface inclination angle is taken into account. If exceeds the allowable value, the controller sends a command to the driver to change the rotational speed of the robot's wheels, so that it does not miss the dangerous area.

The functional scheme of the mobile robot, shown in Fig. 3, was developed for the experiment.

Let us study how a graph of  $H(t)$  will vary at a various frequency, emitted by the ultrasonic sensor pulses. Graphs with frequencies of 1 hertz and 5 hertz, shown in Fig. 4(A) and Fig. 4(B), is not much different from each other. Increasing frequency up to 10 hertz, an error occurs, which can be seen in Fig. 4(C). By averaging error value, as shown in Fig. 4(D), it was found that the ultrasonic sensor outputs critical value not only in the field where it does not detect obstacles, but when the sensor and the obstacle are placed too close together.

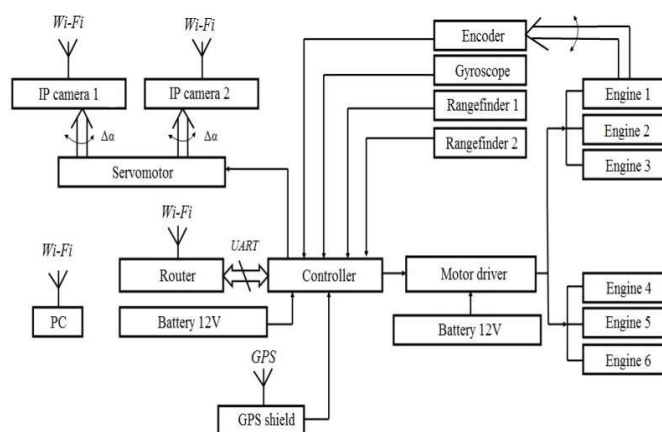


Fig. 3. The functional scheme of the mobile robot

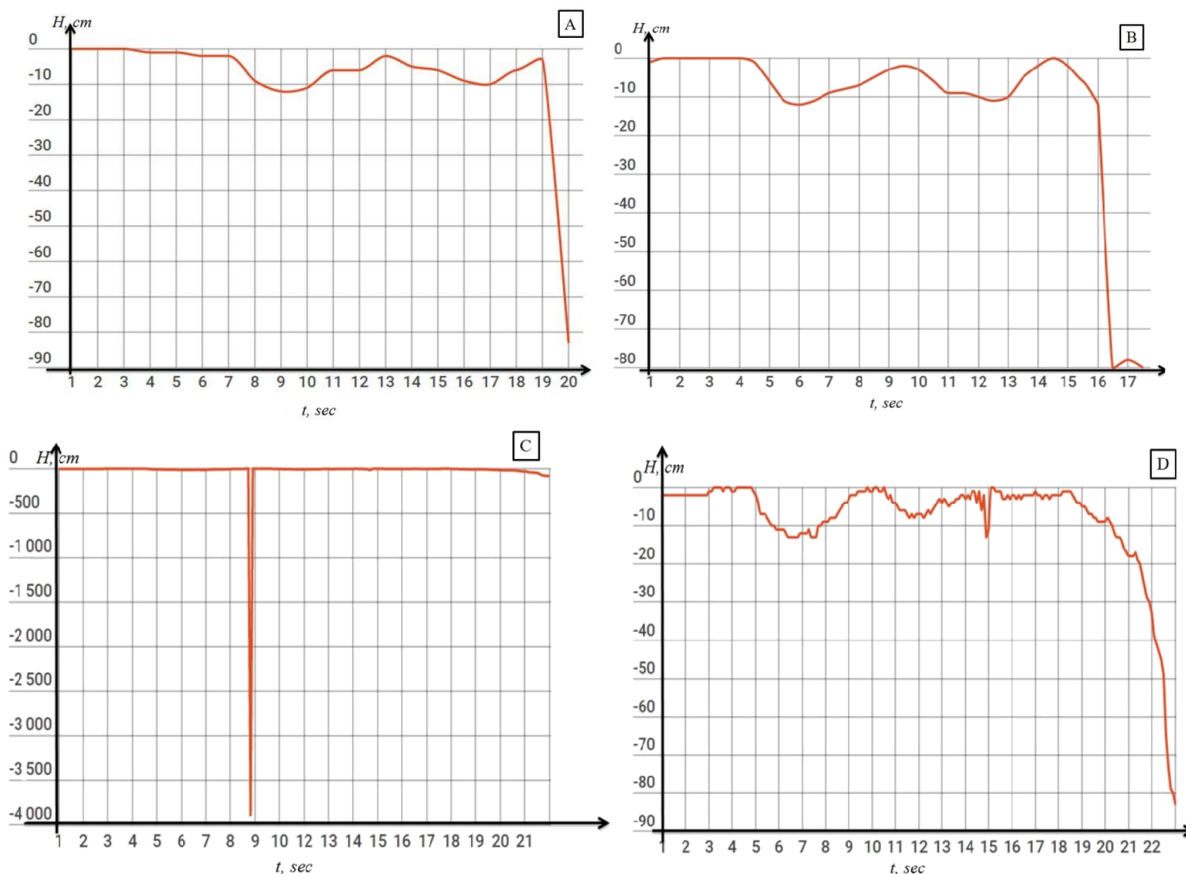


Fig. 4. The graph  $H(t)$  when sensor frequency is 1 hertz (A); the graph  $H(t)$  when sensor frequency is 5 hertz (B); the graph  $H(t)$  when sensor frequency is 10 hertz (C); the graph  $H(t)$  with the averaged error when sensor frequency is 10 hertz (D)

To avoid confusion in the control system is necessary to correct the algorithm of robot's movement over the cross country. Add into consideration the situation, when the critical data indicate a sensor error, obtained at high frequency signal, emitted by the rangefinder. In order to avoid stopping of the robot and beginning of the obstacles detour, need to measure the distance again and compare the results. If the value of  $H$  is not changed, the robot stops and starts the bypass algorithm of the dangerous area. If the value of the next measurement lies within the permissible limits for the robot, it moves forward on a given route.

It is also necessary, that the frequency of the signal, emitted by the rangefinder, is changed directly proportional to the speed of the robot movement. This will reduce the computational load on the controller at low speeds and protect the robot at large.

An algorithm of the wheeled mobile robot moving over the rough terrain was developed. As a result of its implementation, the robot moves along a predetermined path, detect and avoid obstacles, corrects a local map of the area and determine its own location. Unlike the existing analogs in this study the focus has not been done on the improving of the mechanical component of the platform and increasing its mobility degree, but on the expansion of sensory systems capabilities. This allows to the robot to decide beforehand the course of the further action.

Another advantage of this approach is the ability to predetermine the situations in which the robot can not get over a certain area of the desired path. To perform the experiment, a functional diagram of the robot has been designed, selected its elemental base and built a prototype. The sensors system of the robot consists of the ultrasonic sensors, machine vision, gyroscope, encoder and GPS shield. Using of the given set of the sensors allows to achieve a greater degree of the autonomy. The intellectuality of the robot is the ability to determine the nature of their actions, depending on the changes in the environment.

### References

1. Durrant-Whyte H., Bailey T. Simultaneous localization and mapping: part I // IEEE Robotics & Automation Magazine. – 2006. – V. 13. – № 2. – P. 99–110.
2. Stephen S., Lowe D.G., Little J.J. Vision-based global localization and mapping for mobile robots // IEEE Transactions on Robotics. – 2005. – V. 21. – № 3. – P. 364–375.
3. Evstigneev M., Mazulina V., Mishchenko G., Litvinov Y. Algorithms of control over for-wheel robot moving over rough terrain // Journal of instrument engineering. – 2015. – V. 58. – № 9. – P. 738–741.
4. Chaschina M., Mazulina V., Litvinov Y. Organization of the movement of a mobile robot over a rough terrain // Scientific almanac. – 2017. – № 1-3(27). – P. 101–106.

УДК 681.518.5

### АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОЛЕСНЫМ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ НА ПЕРЕСЕЧЕННОЙ МЕСТНОСТИ

Чащина М.М.<sup>1</sup>

Научный руководитель – к.т.н., доцент Литвинов Ю.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

Предложен вариант технической реализации мобильного робота и алгоритмы его функционирования на пересеченной местности. Разработанные алгоритмы позволяют управлять движением робота в режиме реального времени с помощью гироскопа, стереозрения и ультразвуковых датчиков.

**Ключевые слова:** пересеченная местность, мобильный робот, система технического зрения, карта местности, обнаружение препятствий.

Исследование поверхности, о которой нет полной информации не только в земных условиях, но и при исследовании небесных тел солнечной системы, таких как Луна, Марс, астероиды и кометы, требует разработки и создания автоматических аппаратов. Естественно, что для этой цели наиболее подходящим средством будет являться мобильный робот. Обычно управление таким роботом осуществляется с удаленного пункта, что приводит к определенной задержке сигналов и их искажениям.

Основными требованиями, предъявляемыми к таким роботам, являются автономность, надежность навигационной системы и оптимальность алгоритмов управления движением. Автономность систем обусловлена тем, что в отличие от управляемых вручную роботов, они способны быстрее отреагировать на изменения окружающей среды, особенно при задержках в канале связи.

**Целью работы** стала разработка алгоритмов автономного управления мобильным роботом на пересеченной местности, выполняющим следующие задачи: движение по заданной траектории, обнаружение препятствий и их объезд, возврат на первоначально заданный маршрут, построение или корректировка карты местности в режиме реального времени. В таком случае могут возникнуть ситуации, при которых робот может идентифицировать наклонные поверхности, как препятствия.

В существующих на сегодня роботах, предназначенных для работы на пересеченной местности, упор делается на усовершенствование механической составляющей, увеличении степени подвижности мобильной платформы [1, 2].

Недостатком рассмотренных систем является отсутствие алгоритмов идентификации и объезда, непроходимых роботом участков. В данной работе предложен алгоритм, основанный на оценке характера профиля поверхности движения ультразвуковыми датчиками, видеокамерами и гироскопом.



Независимо от характера рабочей поверхности робот придерживается следующего алгоритма движения: во время отработки заданной траектории робот постоянно сканирует окружающее пространство до тех пор, пока не зафиксирует препятствие и не объедет его. Эти процедуры выполняются в цикле до тех пор, пока не будет достигнута цель.

Идентификация статических препятствий, с которыми может столкнуться мобильная платформа, осуществляется при помощи стереозрения [3]. Для этого на одной оси установлены две идентичные видеокамеры так, чтобы их главные оптические оси были параллельны друг другу и параллельны плоскости движения. Расстояние до точек препятствия  $Z$  вычисляется по следующей формуле:

$$Z = \frac{fT}{d},$$

где  $f$  – фокальное расстояние фотоприемников;  $T$  – расстояние между центрами проекций камер (база);  $d$  – величина смещения проектируемой точки на изображениях левой и правой камер.

Так как система технического зрения обнаруживает только объекты, длина которых не превышает расстояния между камерами  $T$ , для подстраховки между видеокамерами установлен ультразвуковой дальномер. Для увеличения видимой датчиками области, установлена штанга с сенсорами перпендикулярно корпусу робота на вертикальную поворотную ось.

При движении робота датчики сканируют лежащую впереди местность. При обнаружении препятствия робот останавливается. Ось с датчиками поворачивается на  $90^\circ$  влево и на  $90^\circ$  вправо от центрального положения, а затем возвращается в исходное положение. Во время поворотов в массив данных заносятся углы поворота сервопривода с датчиками и расстояния до препятствия. Затем из массива выбирается угол, при котором препятствие не было зафиксировано. Если такое значение обнаружено, то робот поворачивает на нужный угол и движется вперед, контролируя пространство перед собой. Далее с помощью данных с гироскопа и энкодера возвращается на заданную траекторию.

Две видеокамеры и один ультразвуковой датчик закреплены на штанге, поворачивающейся на  $\pm 180^\circ$ , осуществляющие сканирование впереди лежащей местности. Оптические оси камер параллельны плоскости движения. В данном проекте стереосистему образуют две веб-камеры Logitech C100 с разрешением  $640 \times 480$  и углом обзора объектива  $54^\circ$ .

Еще два ультразвуковых датчика вынесены на штангах на некоторое расстояние вперед и находятся над условной колеей перед колесами, и предназначены для определения профиля поверхности. Если при движении робота с камер или датчика поступит информация о том, что на минимально допустимом расстоянии обнаружена помеха, то он остановится и перейдет к алгоритму объезда [4].

Если величина препятствия  $\pm H \leq 0,3 D_k$ , то робот может преодолеть такой «бугор» или «яму» и продолжить движение (рис. 1).

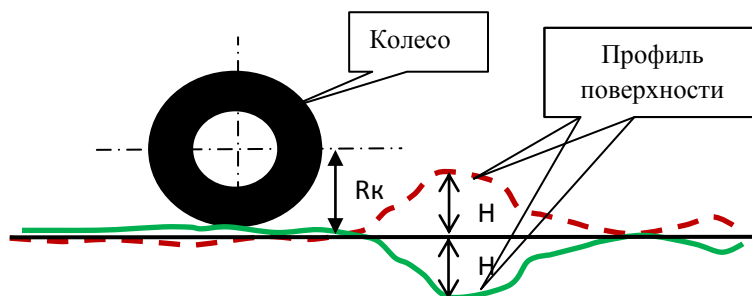


Рис. 1. Возможный профиль поверхности перед колесом

В результате проведенного эксперимента было установлено, что робот может преодолевать препятствия типа «яма» или «бугор» с наклоном  $\beta \leq \pm 30^\circ$ . Для исключения попадания робота в «ловушку», из которой он не сможет выбраться, необходимо определять угол наклона впереди лежащей местности. Для этого используется гироскоп, и ультразвуковой датчик (УЗ-датчик) на вертикальной штанге, закрепленной на сервоприводе (рис. 2).

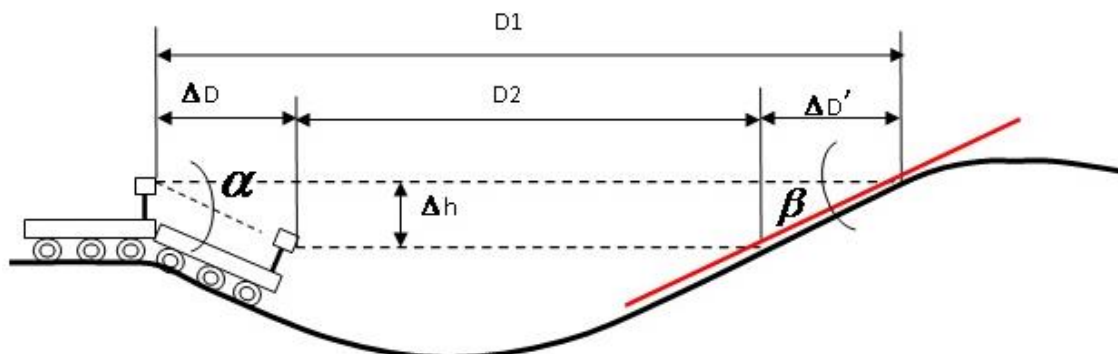


Рис. 2. «Фиктивное» препятствие – встречный склон

Алгоритм работы следующий: измеряется расстояние до встречного склона в начальный момент времени  $D_1$ , данные заносятся в массив. Робот начинает движение и снова измеряется расстояние до препятствия  $D_2$  в следующий момент времени. Угол  $\alpha$  и  $\Delta D$  известны благодаря информации, полученной с гироскопа и энкодера. Тогда угол наклона встречного склона можно определить как:

$$\beta = \arctan \frac{\Delta h}{\Delta D^*}$$

где  $\Delta h = \text{tg} \alpha \Delta D$ ,  $\Delta D^* = D_1 - (D_2 + \Delta D)$ .

С гироскопа снимаются данные о скорости изменения угла наклона мобильной платформы (рис. 3). Обратно пропорционально получаемым значениям будет снижаться скорость движения робота. Это позволит ему успеть оценить поверхность прежде, чем он выйдет на опасный участок [5].

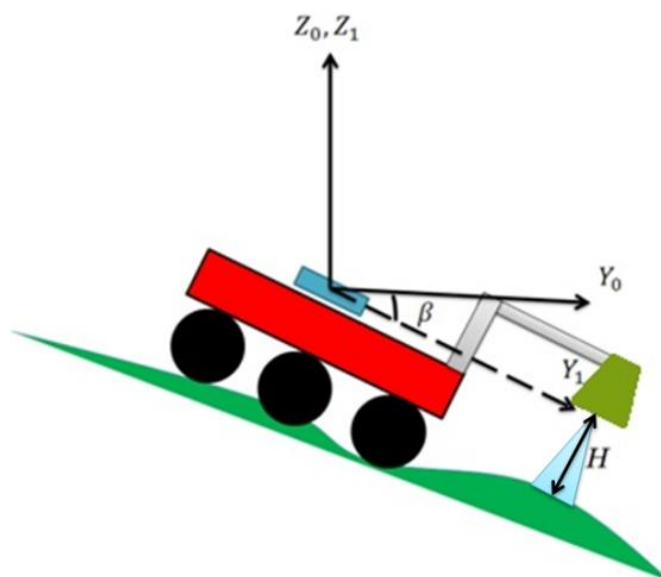


Рис. 3. Принятая система координат

Для проведения эксперимента была разработана функциональная схема мобильного робота, представленная на рис. 4.

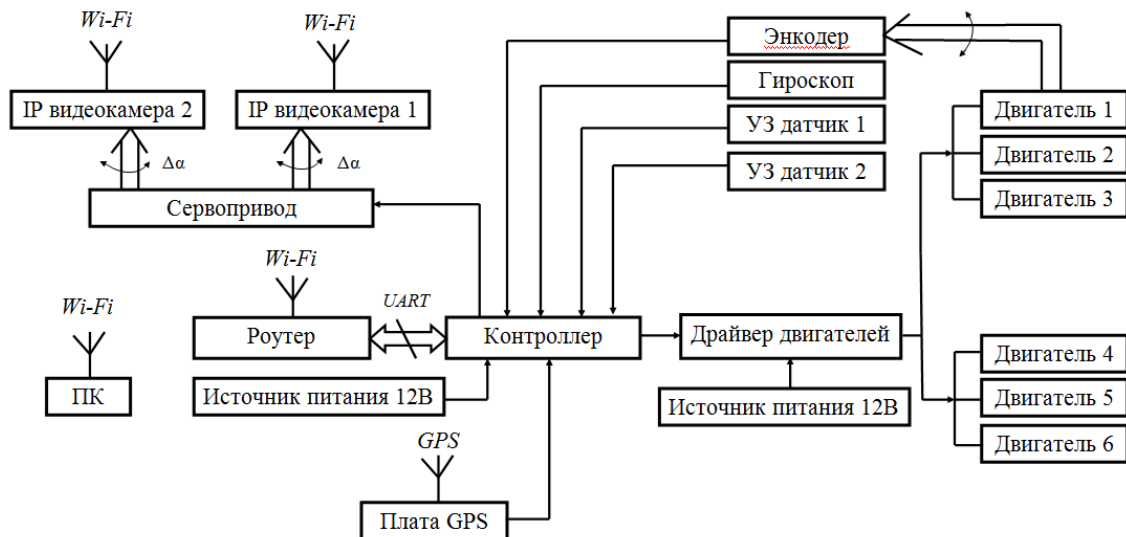


Рис. 4. Функциональная схема мобильного робота

Проследим, как будет изменяться график зависимости  $H(t)$  при различной частоте испускаемых ультразвуковым датчиком импульсов. Графики при частотах 1 импульс в секунду и 5 импульсов в секунду, изображенные на графиках рис. 5, а, б, несильно отличаются друг от друга.

При увеличении частоты до 10 импульсов в секунду появляется ошибка, которую можно увидеть на графике рис. 5, в. Усреднив этот скачек, как показано на графике рис. 5, г, было выяснено, что ультразвуковой датчик выдает критическое значение 3907 см не только, когда в поле его действия не попадают объекты, но и при чересчур близком расположении датчика и препятствия.

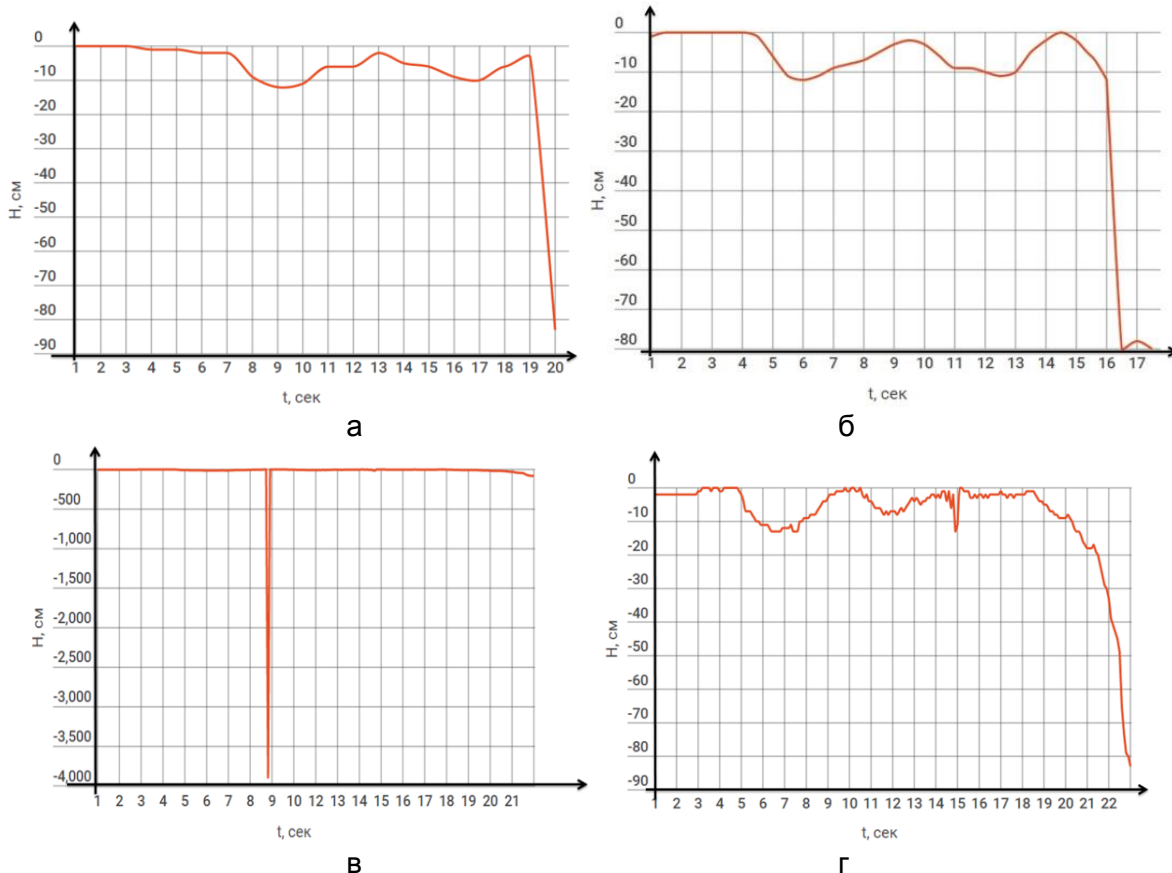


Рис. 5. Зависимость расстояния фиксируемого датчиком от частоты ультразвуковых импульсов

Чтобы избежать путаницы в системе управления необходимо скорректировать рассмотренный ранее алгоритм движения робота по пересеченной местности, введя на рассмотрение ситуацию, при которой критические данные свидетельствуют об ошибке датчика, полученной при большой частоте испускаемого дальномером сигнала.

Для того чтобы избежать остановки робота и перехода к объезду препятствия, необходимо провести следующее измерение расстояния и сравнить полученные результаты. Если значение  $H$  не изменилось, то робот остановится и приступит к алгоритму объезда опасного участка. Если же величина следующего измерения будет лежать в допустимых для робота пределах, то робот будет двигаться дальше по заданному маршруту.

Также необходимо изменять частоту испускаемого дальномером сигнала прямо пропорционально скорости движения робота. Это позволит снизить вычислительную нагрузку на контроллере при малых скоростях и обезопасить робота при больших.

В работе предложены алгоритм управления автономным колесным роботом на плоскости и пересеченной местности по заданному маршруту. Выполнена проверка работоспособности предложенного алгоритма с помощью математического моделирования и экспериментальных исследований на колесной платформе фирмы «Odyssey» и блока управления на базе платы Arduino UNO. Анализ окружающей среды осуществляется при помощи ультразвуковых датчиков, гироскопа, системы технического зрения и GPS-модуля. Полученные с сенсоров данные используются встроенным процессором робота для расчета траектории движения робота по пересеченной местности. В отличие от существующих аналогов в данном исследовании упор делался не на улучшение механической составляющей платформы и увеличении степени ее подвижности, а на расширение возможностей сенсорных систем. Это позволит роботу заранее принимать решение о ходе дальнейших действий. Также преимуществом подобного подхода является возможность закладывания в алгоритм решения ситуаций, при которых робот не может преодолеть определенный участок заданной траектории. Интеллектуальность робота заключается в возможности определять характер своих действий в зависимости от изменений в окружающей среде.

### Литература

1. Iagnemma K., Dubowsky S. Mobile robot in rough terrain: estimation, motion planning, and control with application to planetary rovers. – Springer, 2004. – 111 p.
2. Cook G. Mobile robots: navigation, control and remote sensing. – Wiley-IEEE Press, 2011. – 319 p.
3. Siegwart R., Illah Reza Nourbakhsh, Scaramuzza D. Introduction to autonomous mobile robots. – Cambridge, Mass.: MIT Press, 2011. – 488 p.
4. Мазулина В.В., Чащина М.М., Литвинов Ю.В. Организация движения мобильного робота по пересеченной местности // Научный альманах. – 2017. – С. 101–106.
5. Евстигнеев М.И., Литвинов Ю.В., Мазулина В.В., Чащина М.М. Алгоритм организации движения мобильного робота по пересеченной местности // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2017. – Т. 17. – № 3(109). – С. 393–399.

УДК 001.895

**ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД В ОРГАНИЗАЦИИ РЕКРУТИНГОВОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ****А.В. Чеботарь<sup>1</sup>****Научный руководитель – д.э.н., профессор И.Г. Сергеева<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Университет ИТМО

Конкурентоспособность является обязательным условием для эффективного функционирования бизнеса, и для ее достижения организации необходимо строить свою работу на основе инновационного развития. Для его обеспечения важнейшим условием является наличие высококвалифицированного персонала, способного решать специфические задачи организации и обладающего инновационным потенциалом. В работе предложен для проведения на стадии подбора персонала грамотной, профессиональной и эффективной оценки не только теоретических знаний, но и практических навыков, умений и инновационного потенциала кандидата метод «практического рабочего дня», основанный на применении информационных технологий.

**Ключевые слова:** инновации, рекрутинг, информационные технологии, инновационный потенциал, эффективность.

В современных условиях конкурентоспособность организации во многом определяется ее инновационной активностью, т.е. проведением эффективной инновационной стратегии. Инновационная деятельность, как никакой другой вид деятельности, нуждается в высоком интеллектуальном потенциале организации, так как создание инновационных продуктов требует высококвалифицированных специалистов, обладающих исследовательскими и когнитивными компетенциями, позволяющими использовать современную культуру в информационной и профессиональной деятельности.

И если сейчас организации, представляющие на рынке крупный бизнес, способны самостоятельно обеспечить грамотную, эффективную и профессиональную кадровую работу для подбора и «вращения» высококвалифицированного персонала в требуемой области, то малый и средний бизнес не могут себе этого позволить, ввиду отсутствия условий, связанных с отсутствием учебной, технической или организационной базы, для подготовки необходимых специалистов по перспективным стратегическим направлениям.

Обеспечение наиболее эффективной подготовки кадров для инновационной деятельности в настоящее время берут на себя рекрутинговые агентства. Использование рекрутинговых услуг обусловлено не только постоянной потребностью организаций в квалифицированных работниках, но и тем, что сейчас ведется процесс чрезвычайного усложнения, глобализации и информатизации рынка, внедрение «высоких технологий» [1]. Так, анализируя зарубежный и отечественный опыт, сегодня они выступают в роли посредников на рынке труда, основной задачей которых является удовлетворение интересов заказчиков в требуемом квалифицированном персонале и надежность подбора специалистов – ответственность и гарантии, которые берет на себя рекрутинговое агентство. Рекрутинговое агентство несет ответственность за способность представленного кандидата четко решать задачи того уровня, который необходим работодателю, с гарантией в зависимости от серьезности позиции [2]. Для решения поставленной задачи они имеют в своем распоряжении грамотных специалистов узких профилей, обладающих высокой степенью компетентности в области психологии, технологий и применяют современные подходы, методики и оборудование, что позволяет им эффективно осуществлять подбор кандидатов. Регулярно взаимодействуя с большим количеством компаний и огромным количеством кандидатов, рекрутинговое агентство постоянно находится в центре потока актуальной информации о рынке труда. В динамично изменяющейся среде возможность оперативного получения актуальной информации позволяет быстро и полно

анализировать текущие тенденции и, как следствие, принимать верные решения [3]. Отметим, что для эффективного осуществления деятельности им также необходимо постоянно совершенствоваться. Так более современные технологии работы, используемые рекрутинговыми агентствами, позволяют обеспечить [4, 5]:

1. сокращение времени от момента подачи постоянным заказчиком заявки до первого собеседования кандидата с рекрутерами, за счет упрощения правовых и финансовых процедур;
2. проектный подход – работа над каждой вакансией организуется как отдельный проект. Над каждой заявкой работает одновременно от 4 до 8 человек, каждый из которых выполняет свою роль (эксперт, рекрутер, key account и пр.), что позволяет добиться высокого качества в работе над каждой из вакансий;
3. введение «технической экспертизы» соискателя на соответствие требованиям, выдвигаемым заказчиком. Привлекаются внештатные специалисты-эксперты в предметной области, что позволяет уменьшить количество кандидатов для дальнейшего собеседования с техническими специалистами заказчика.

Тем не менее, несмотря на возможность применения перечисленных выше и других методов, недостаточно сконцентрировать внимание только на определении соответствия теоретических знаний кандидата. Очень важно выяснить еще на стадии подбора, сможет ли кандидат быть эффективен в практической деятельности организации. По этой причине именно на этапе подбора возможно применение метода «практического рабочего дня», основанного на использовании информационных технологий, который позволит оценить в кратчайшие сроки и на ранней стадии именно практические навыки кандидата и их соответствие требованиям организации.

С помощью современных технологий в виртуальном пространстве конструируется «рабочий день», в который кандидат может полностью погрузиться, как полноценный участник инновационного процесса, с имитацией построенной модели, решаемой инновационной задачи, возможностью манипулировать исходными данными. Имея свободу выбора для практического решения задач конкретного производства, например, при разработке прототипов или техническом обслуживании и установке высокотехнологичного оборудования и т.д. Данный метод позволит без конкретного вовлечения в производственный процесс оценить практические навыки определенного кандидата. Процесс моделируется таким образом, что «рабочий день» состоит из тех моментов, которые дают возможность кандидату получить всю необходимую информацию для принятия решений, и далее, в результате анализа принимаемых решений и действий кандидата, оценить их уровень по конкретным необходимым практическим умениям и навыкам.

Возникает вопрос, на основании чего и как анализировать полученные результаты? Сложность создания и реализации такой оценки заключается в наличии информационного и программного обеспечения, разработке необходимой методики. Исходную информацию – базу, необходимо формировать из двух частей. Первая часть формируется на основе данных, полученных из заявки соответствующей организации с компетенциями и требованиями к кандидату, вторая же часть формируется на основе передовой «практической» информации в соответствии с будущими решаемыми задачами организации. Получение второй части информации возможно только благодаря сотрудничеству с научно-исследовательскими центрами, научно-исследовательскими институтами, проектными организациями, имеющими научно-технический задел в данной области. Далее необходимо обеспечить сочетание информации, полученной от заказчика и информации от организаций, находящихся на наиболее передовых позициях в данной области, связанной с определением потенциальных возможностей кандидата для решения конкретных задач. При формировании системы также потребуются привлечение профессионального

разработчика, необходимые финансовые затраты и обеспечение уровня ее защищенности. Рекрутинговым агентствам уже сейчас необходимо задуматься о формировании (получении доступа) и пополнении такой «практической» базы. А уже на основе имеющихся «практических» баз данных, в результате можно будет оценить потенциал инновационно-практических навыков кандидата с учетом перспектив развития организации. В качестве критериев выступают:

1. полное соответствие инновационного потенциала оцениваемого кандидата потребностям организации;
2. соответствие навыков кандидата решаемым конкретным практическим задачам в определенной части деятельности организации.

Кроме того, метод позволит оценить дополнительные качества работника, необходимые в экстренных ситуациях, которые обусловлены, как правило, сжатыми сроками на принятие решения или реакцию кандидата в конфликтных ситуациях. Отметим также, что замещение физических объектов цифровыми моделями позволяет значительно сократить временные и финансовые затраты.

Таким образом, применение метода «практического рабочего дня» позволит рекрутинговым агентствам, наряду с определением теоретических знаний, оценить потенциал кандидата по практическим навыкам и умениям на стадии подбора персонала с учетом перспектив и спецификой деятельности организации. В дальнейшем данный метод можно использовать не только для проведения оценки навыков кандидата, но и адаптировать для процесса обучения кандидата до уровня, необходимого работодателю.

### Литература

1. Тестова В.С. Внедрение системы стандартов и сертификации услуг в деятельности рекрутинговых компаний // Управление персоналом. – 2015. – С. 140–144.
2. Музыченко В.В. Управление персоналом. Учебник для студ. высш. учеб. заведений. – 2-е изд. – М.: Академия, 2006. – 528 с.
3. Краткая характеристика деятельности кадровых агентств [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.managersystem.ru/geds-638-1.html>, своб.
4. Володин Д., Снегирев А. Новые подходы к старым проблемам рекрутинга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.treko.ru/show\\_article\\_991](http://www.treko.ru/show_article_991), своб.
5. Пальшин К. Основные методы современного рекрутинга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://newsland.com/user/4296647976/content/osnovnye-metody-sovremennogo-rekrutinga/3878482>, своб.

УДК 004.934.2

### ПОСТРОЕНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ОБРАТНОГО ПОИСКОВОГО ИНДЕКСА ПО МАССИВУ РЕЧЕВЫХ ДАННЫХ

Черных И.А.<sup>1,2</sup>, Петров О.Е.<sup>1,2</sup>, Кабаров В.И.<sup>2</sup>

Научный руководитель – к.т.н. Левин К.Е.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ООО «ЦРТ-инновации», Санкт-Петербург;

<sup>2</sup>Университет ИТМО

Предложен алгоритм построения глобального поискового индекса по большим массивам речевых данных для обеспечения эффективного и быстрого поиска релевантной речевой информации. Для решения поставленной задачи использован подход, основанный на полнотекстовом распознавании речи с сохранением сетевого индекса, содержащего все словные гипотезы, сгенерированные декодером в процессе распознавания речи (в компактном формате Confusion Networks, CN), и последующем эффективном объединении сетевых индексов массива речевых данных в глобальную сеть с обратной индексацией.

**Ключевые слова:** распознавание речи, информационный поиск, поиск ключевых слов, поисковый индекс, обратный индекс, большие данные.

**Введение.** Широкое распространение информационных технологий и систем записи, позволяющих детально протоколировать процессы бизнеса и производства, привело к тому, что в настоящее время в корпоративном фонде многих организаций и предприятий накапливаются огромные архивы аудио- и видеоматериалов, содержащих неструктурированный речевой контент. К ним относятся такие источники, как: звукозаписи совещаний или переговоров на предприятиях; видеопротоколы конференций и заседаний в государственных и образовательных учреждениях; аудио- и видеозаписи передач в архивах теле- и радиовещательных средств массовой информации; видеоархивы театральных и кино постановок в театрах и киностудиях и т.д.

Быстрый и эффективный поиск разнородной информации в гигантских неструктурированных массивах данных в современном мире становится все более востребованной задачей. Хорошо проработаны и широко распространены текстовые поисковики, работающие, в частности, в сети Интернет (Google, Yandex и т.п.). В то же время задача разработки эффективного «речевого поисковика» в настоящий момент не решена.

Поиск речевой информации по сетевому индексу аудиофайла, содержащему полный набор акустических гипотез, сгенерированных декодером в процессе распознавания речи, позволяет значительно повысить полноту результата за счет возможности обнаружения слов, распознанных с низким уровнем достоверности, и не попавших в текстовый результат распознавания, но сохранившихся в словной сети декодера [1–3].

Однако при переходе к работе с большими (а иногда гигантскими) объемами речевых данных, необходимо применять методы объединения сетевых индексов отдельных фонограмм в некоторые глобальные структуры – поисковые индексы, обеспечивающие возможность быстрого обращения и доступа к сетевому индексу целевой фонограммы.

**Целью работы** являлась разработка алгоритма построения глобального поискового индекса по большим массивам речевых данных для обеспечения эффективного и быстрого поиска релевантной речевой информации.

**Сетевая индексация речи.** Технология «сетевой индексации» речевых данных (рис. 1), предполагает автоматическое распознавание слитной речи, содержащейся в обрабатываемых массивах аудиоданных, с сохранением не только распознанного текста, но и словных сетей, содержащих полный набор акустических гипотез, сгенерированных декодером в процессе распознавания (в компактном формате сетей спутывания, Confusion Networks, CN) [1].

Разработанный метод включает в себя следующие шаги:

1. получение результата автоматического распознавания слитной речи с большим словарем (LVCSR) в виде словных сетей декодера word lattices;
2. конвертация словных сетей декодера в компактный формат CN:
  - множественное выравнивание (кластеризация) слов из исходной словной сети декодера (word lattice). При вычислении расстояний между словами и кластерами слов используются временные метки и (или) фонетическая близость;
  - оптимизация по скорости, актуальная при использовании больших словных сетей. На каждом шаге кластеризации требуется объединять два наиболее близких кластера. При размере словной сети в несколько сотен или тысяч ребер, глобальный поиск двух наиболее близких кластеров становится очень ресурсоемкой задачей. В разработанном методе глобальный поиск заменен на локальный (без потерь точности). Также реализовано выполнение эффективного



кэширования расстояний между кластерами. Для перехода к локальному поиску используется сортировка всех слов по времени начала, и для каждого слова или кластера поиск производится лишь в некоторой, доступной ему области. Каждый кластер хранит расстояние и ссылку на ближайший кластер. При каждом объединении двух кластеров, в обоих направлениях по шкале времени запускается процесс проверки и, при необходимости, обновление информации о ближайших кластерах для кластеров, прямо или косвенно связанных с объединяемыми. Это позволило перейти от квадратичной (если не хуже) к линейной зависимости скорости построения CN от размера исходного словного графа;

- назначение в CN каждому слову апостериорной вероятности, вычисляемой по накопленной вероятности (score) из исходной словной сети и равной сумме апостериорных вероятностей всех возможных последовательностей слов, реализуемых исходной сетью, включающих данное слово.

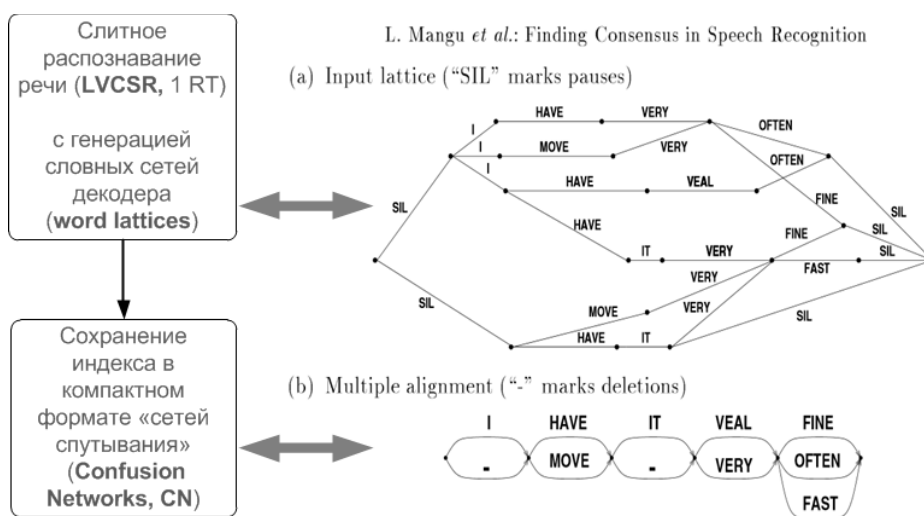


Рис. 1. Сетевая индексация речи на основе Confusion Networks

Полученные в результате применения данного метода результирующие сети спутывания (CN) имеют компактный формат: размер сетевого индекса не превышает десятой части размера звукового файла, в отличие от стандартных словных сетей декодера, имеющих размер, сравнимый с размером звука.

Поиск речевой информации по сетевому индексу аудиофайла позволяет значительно повысить полноту результата за счет возможности обнаружения слов, распознанных с низким уровнем достоверности, и не попавших в текстовый результат распознавания, но сохранившихся в словной сети декодера.

**Построение глобального обратного индекса массива речевых данных.** Предлагаемый алгоритм глобальной индексации предполагает добавление в некоторую глобальную структуру данных массива полученных ранее сетевых индексов, соответствующих обрабатываемым речевым данным (рис. 2).

В качестве готовой реализации движка поиска принято решение использовать Apache Lucene [4], это свободно распространяемая библиотека для высокоскоростного полнотекстового поиска, написанная на Java. Она активно используется для поиска в Интернете и при решении различных задач вычислительной лингвистики.

Предлагаемая авторами реализация использует принцип обратного индекса [5, 6], т.е. каждому терму ставится в соответствие множество документов, в котором он содержится, вместе с позициями в этих документах. Позиции представляют собой отступы от начального термина, который получает позицию 0. Рассмотрим простой пример, где каждый литерал соответствует определенному терму:

A: a, b, c, d, e, a, b

Такая последовательность будет обработана следующим образом:

a = { A: [0, 5] }

b = { A: [1, 6] }

c = { A: [2] }

d = { A: [3] }

e = { A: [4] }

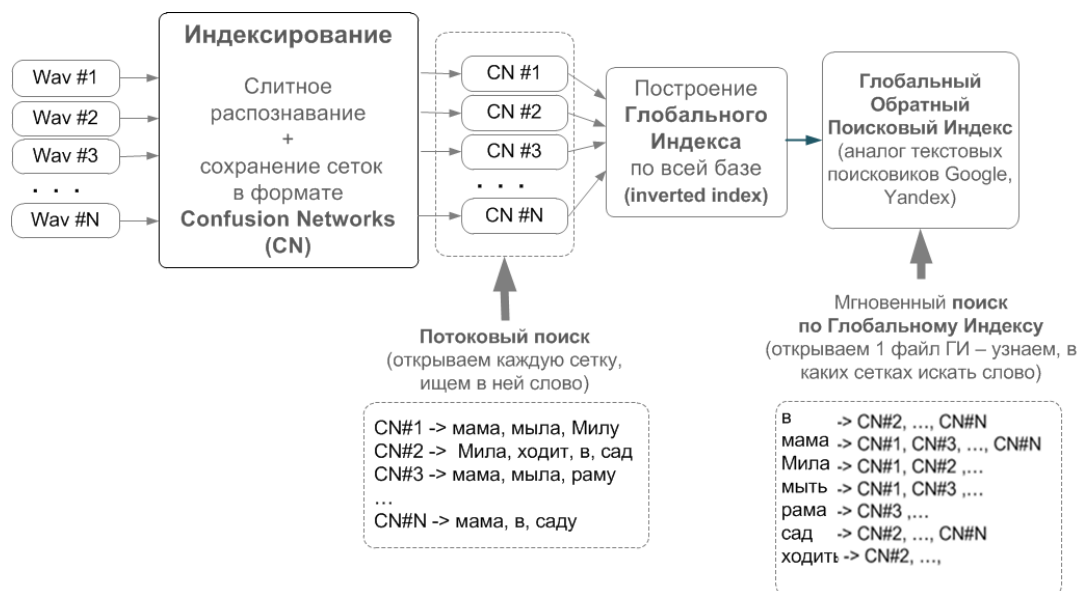


Рис. 2. Глобальная индексация массива речевых данных

Сетевой индекс (CN) представляет собой связный направленный граф без циклов, со словами и их весами на гранях и временными метками на узлах, с тем свойством, что все пути от начального до конечного узла проходят через все остальные узлы. Нужно также отметить, что помимо граней со словами, есть еще грани, отождествляемые с паузой, так называемые эпсилон-переходы. Визуально такая сеть представляет собой набор «пучков» или «бинов» – наборов граней с термами между двух узлов с временными метками. Рассмотрим пример, в котором для простоты восприятия опущены временные метки и апостериорные вероятности на гранях:

A: (a, b, c) → (c, d, e, <eps>) → (a, b, c).

В примере сохранена лишь структура графа и буквенные литералы, соответствующие определенным термам. В таком обозначении в круглых скобках описаны бины, с перечислением через запятую граней с термами. Стрелка обозначает узел с временной меткой между соседними биномы. С помощью <eps> обозначаются эпсилон-переходы.

В сети выше могут быть найдены, например, следующие словосочетания:

aa, cb, asa, ass, ccc, bea, bec, dc, ...

Полное множество словосочетаний, которые могут быть найдены в сетке, может быть получено следующим образом. Берется терм из определенного бина, после чего терм из следующего и так далее. На каждом шагу такой операции получается словосочетание. Если бин содержит эпсилон-переход, то такой бин может быть пропущен при обходе. Для получения полного множества подобную операцию необходимо проделать для всех комбинаций бинов, термов и эпсилон-переходов.

Идея предлагаемого метода глобальной индексации CN-сеток заключается в том, что авторами использован механизм учета позиций, предлагаемый Apache Lucene, но позиции ставятся не для каждого терма, а для каждого бина. Все термы в одном бине получают одинаковую позицию.

Так пример сетки, описанной выше, может быть представлен в виде следующей структуры:

$$\langle \text{eps} \rangle = \{ A: [1] \}$$
$$a = \{ A: [0, 2] \}$$
$$b = \{ A: [0, 2] \}$$
$$c = \{ A: [0, 1, 2] \}$$
$$d = \{ A: [1] \}$$
$$e = \{ A: [1] \}$$

Эпсилон-переходы попадают в индекс таким же образом, как и остальные термы.

Такой подход позволяет использовать реализацию метода индексирования, предлагаемую Apache Lucene, лишь изменив в ней логику расстановки номеров позиций термов. Нужно также отметить, что такой подход очень эффективен с точки зрения скорости индексирования. Алгоритм, реализующий разработанный метод, имеет линейную зависимость времени работы от размера исходного массива сетевых индексов.

**Поиск ключевых слов и фраз по глобальному обратному индексу речевых данных.** По условиям поставленной задачи реального использования алгоритма поиск по глобальному поисковому индексу массива речевых данных должен быть практически мгновенным, т.е. происходить в реальном времени.

Входные данные, которые вводит пользователь – набор ключевых слов и словосочетаний. Результатом поиска является перечень фонограмм с речью, содержащей хотя бы одно вхождение заданных ключевых слов и словосочетаний. Отдельно пользователь может указать специфические транскрипции слов. Для тех слов, для которых пользователь ничего не указал, будут использоваться канонические транскрипции (по умолчанию).

Процесс поиска по индексу представляет собой следующий процесс:

- от пользователя поступает набор слов и словосочетаний, который разделяется на две группы: словарные (присутствующие в словаре полнотекстового распознавания) и не словарные (Out-of-Vocabulary, OOV) слова;
- для не словарных (OOV) слов строятся их аппроксимации с помощью словарных слов [7, 8]. Результатом аппроксимации является направленный связный граф без циклов, на гранях которого размещены словарные слова. Граф содержит начальный узел, каждый путь до конечного узла от которого образует последовательность словарных слов, аппроксимирующую не словарное слово. Для словосочетаний, включающих в себя не словарное слово, строится единый граф для аппроксимаций;
- для словарных слов строится такая же структура, как и для не словарных, однако с той лишь разницей, что словарные слова сами попадают на грани графа. Например, если мы просто ищем словарное слово, то для него будет построен граф с двумя вершинами, начальной и конечной, между которыми будет размещена грань с искомым словом. Для поиска словосочетания из двух слов, будет простроен граф с тремя вершинами и двумя гранями с искомыми словами и так далее. Также нужно отметить, что для каждого слова и словосочетания строится свой граф;
- каждый граф поочередно преобразуется в поисковый запрос, где слова на гранях отождествляются термам для поиска. После этого запрос выполняется на индексе. Результаты поиска по каждому графу объединяются и в таком виде передаются пользователю.

**Результаты работы.** Сравнительные результаты поиска ключевых слов по массиву сетевых индексов речи и глобальному обратному индексу массива речевых данных (база звукозаписей спонтанной речи, 23 ч, 1000 файлов по 2 мин) представлены в таблице.

Таблица. Экспериментальная оценка разработанного алгоритма

Критерий оценки	Массив сетевых индексов (CN)	Глобальный обратный индекс
Ошибка поиска (10–100 слов)	при FA=1% словарные слова: FR=19–20% не словарные слова: FR=40–41%	
Скорость индексирования	= скорость слитного распознавания (~1 RT)	+ скорость построения глобального индекса ~1,5 мин на 1000 сеток (0,001 RT)
Скорость поиска (100 слов по 23 ч речи)	Словарные: $8 \cdot 10^{-5}$ RT (7 с) Не словарные: $8 \cdot 10^{-3}$ RT (11 мин)	Словарные: $7 \cdot 10^{-6}$ RT (0,6 с) Не словарные: $4 \cdot 10^{-4}$ RT (34 с)
Размер хранимых данных	30 МБ на 1000 wav (в 40 раз меньше звука)	5 МБ на 1000 wav (в 240 раз меньше звука)

**Выводы и дальнейшие исследования.** Предложенный алгоритм глобальной обратной индексации массива речевых данных позволяет проводить поиск ключевых слов и фраз по большим объемам речевого материала со скоростью, сравнимой со скоростью текстовых поисковых движков, работающих в сети Интернет. Результирующие показатели скорости поиска достигают 0,001 RT (т.е. в тысячу раз быстрее реального времени). При этом размер хранимых данных в сотни раз меньше размера исходного массива звукозаписей. Таким образом, использование обратного глобального индекса массива речевых данных эффективно, когда необходимо часто проводить поиск новых наборов слов и (или) фраз по уже обработанным данным, а также в случаях, когда есть ограничения по объему дискового пространства для хранения больших массивов данных.

Дальнейшие исследования в области эффективного поиска речевой информации в больших объемах данных будут направлены на сокращение разрыва по точности и скорости поиска между словарными и не словарными словами.

**Благодарности.** Работа выполнена в рамках темы ПНИ «Разработка системы хранения и обработки аудио- и видеоматериалов с автоматической индексацией речевого контента для обеспечения эффективного быстрого поиска и фильтрации файлов по содержащейся в них речевой информации» при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по ГК 14.579.21.0121.

### Литература

1. Mangu L., Brill E. & Stolcke A. Finding consensus in speech recognition: word error minimization and other applications of confusion networks // *Computer Speech & Language*. – 2000. – V. 14(4). – P. 373–400.
2. Pan Y.C., Chang H.L. & Lee L.S. Analytical comparison between position specific posterior lattices and confusion networks based on words and subword units for spoken document indexing // *Automatic Speech Recognition & Understanding*. – 2007. – P. 677–682.
3. Hori T., Hetherington I.L., Hazen T.J. and Glass J.R. Open-vocabulary spoken utterance retrieval using confusion networks // *ICASSP*. – 2007. – V. 4. – P. IV-73– IV-76.
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lucene.apache.org/core/>, своб.
5. Zobel J., Moffat A. Inverted Files for Text Search Engines // *ACM Computing Surveys*. – 2006. – V. 38(2). – P. 6.1–6.56.
6. Carterette B., Can F. Comparing Inverted Files and Signature Files for Searching a Large Lexicon [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.users.miamioh.edu/canf/papers/ipm04b.pdf>, своб.

7. Mangu L., Kingsbury B., Soltau H., Kuo H.K. & Picheny M. Efficient spoken term detection using confusion networks // Acoustics, Speech and Signal Processing. – 2014. – P. 7844–7848.
8. IARPA broad agency announcement IARPA-BAA-11-02. – 2011.

УДК 535.317

## СВЕРХШИРОКОУГОЛЬНЫЕ ОБЪЕКТИВЫ В ПАНОРАМНЫХ СИСТЕМАХ КРУГОВОГО ОБЗОРА

Шемигон Т.Н.<sup>1</sup>, Багдасарова О.В.<sup>1</sup>

Научный руководитель – к.т.н., доцент Багдасарова О.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе рассмотрены разработки систем кругового обзора окружающего пространства, представлены результаты проведенных исследований оптических схем объективов с головными насадками, обеспечивающими панорамный обзор в пределах  $360^\circ$  по азимуту. **Целью работы** являлось рассмотрение особенности формирования изображения сверхширокоугольных объективов (линзовых, зеркально-линзовых), а также возможности использования этих систем в приборах панорамного кругового обзора.

**Ключевые слова:** сверхширокоугольные объективы, панорамные системы, законы формирования изображения, поле зрения, системы HUD.

В последние годы все большее распространение находят сверхширокоугольные объективы с полем зрения около  $180^\circ$  и панорамные объективы, имеющие поле зрения по горизонту  $360^\circ$  и по углу места  $20\text{--}30^\circ$  [1].

Создание сверхширокоугольных фотографических объективов, пригодных для измерительных целей, является сложнейшей задачей вычислительной оптики. Это в достаточной степени объясняется тем, что при разработке широкоугольных объективов (в отличие от объективов неширокоугольных) приходится сталкиваться с необходимостью обеспечения достаточно высокой освещенности изображения на краях поля. Следует отметить, что в таких системах присутствуют aberrации, поддающиеся устранению только при применении специальных методов, в частности, при обращении к композициям симметричных и полусимметричных систем, а также к использованию электронной компенсации дисторсии.

Наибольшее применение сверхширокоугольные (в том числе ортоскопические) и панорамные объективы нашли в фотографии. В художественной фотографии они используются при съемке спортивных сюжетов, при пейзажной и архитектурной съемке, в документальной и технической фотографии; в метеорологических и астрономических исследованиях. Сверхширокоугольные и панорамные объективы используются также для приборов визуальных или с проекционным экраном. Такие приборы служат для обзора внутренних ограниченных объемов или для наблюдения из них. Приборы, оснащенные специальной сеткой, могут применяться для измерительных целей.

Большая часть разрабатывалась в Японии, в частности фирмами: Nikkor, Sigma, Olympus. Ряд конструкций сверхширокоугольных объективов создан в СССР (объективы типа «Зодиак»), в Германии (объективы фирмы Zeiss).

Такие объективы сложны по конструкции. Они содержат девять-двенадцать компонентов, объединенных в шесть-девять групп. Передние два-три компонента выполнены в виде отрицательных менисков, обращенных вогнутостью к пространству изображения. Они обеспечивают широкий угол поля зрения, т.е. позволяют захватить и направить в объектив пучки лучей, входящие под большими углами. У фотообъективов диаметр первого мениска достигает  $60\text{--}240$  мм, а у объективов, работающих с ПЗС-

матрицами, диаметры небольшие (до 50 мм и более). Последующие компоненты составляют обычный объектив, внутри которого расположена апертурная диафрагма и нередко установлены также светофильтры. Максимальное диафрагменное число объективов составляет 2,8–5,6 [1].

Классические сверхширокоугольные объективы строятся обычно по закону ортоскопической проекции. Размер изображения  $y'$  определяется как [2]

$$y' = f' \operatorname{tg} \omega, \quad (1)$$

где  $f'$  – фокусное расстояние объектива;  $\omega$  – угол, образуемый главным лучом в пространстве объектов с оптической осью.

Характерной особенностью объективов «рыбий глаз» является отступление от этого закона, но применительно к таким объективам говорят не столько о дисторсии, сколько о различных законах проецирования. Чаще всего объективы строятся в соответствии с ортографической, равнопромежуточной и выравненной проекциями.

Как правило, реальные объективы не обеспечивают в точности тот или иной закон проецирования [1].

Проведенные исследования различных типов объективов дали возможность оперативного решения ряда вопросов инженерного порядка, в частности, разработки систем панорамного обзора, обеспечивающих наблюдения по азимуту  $360^\circ$ , и по углу места до полусферы и сферы.

Объективы со сверхбольшим углом поля в пространстве фиксируемых объектов позволяют точно передать изображение неподвижного или движущегося предмета съемки, однако для них характерны дисторсия и значительные перепады освещенности по краю поля изображения.

Следует отметить, что сверхширокоугольные линзовые и зеркально-линзовые оптические системы могут быть использованы для наблюдения панорамного изображения с панорамированием в пределах по азимуту  $360^\circ$ . Круговой обзор может быть сформирован в двух форматах: цилиндрическом и сферическом.

Цилиндрический формат предусматривает обзор по углу места в пределах от нескольких градусов до нескольких десятков градусов относительно линии горизонта. Изображение получается в виде кольца, ширина которого зависит от конструкции объектива и углового поля в пространстве предметов по вертикали. Кольцевое изображение может быть декодировано в прямоугольный формат [3].

Сферический формат может предусматривать обзор пространства предметов в пределах полусферы и сферы. В этом случае изображение в виде круга формируется линзовыми объективами, например, типа «рыбий глаз» с угловым полем по углу места до  $180^\circ$ . Этой величины поля достаточно для декодирования в прямоугольный формат наблюдаемого в пределах полусферы пространства [3].

Первые разработки панорамных систем кругового обзора были проведены в СССР еще в 1965 году в Государственном оптическом институте им. С.И. Вавилова (ГОИ) в Ленинграде. Это были, пожалуй, и первые разработки подобных композиций в мире.

Для обзора в сферическом формате изображения в пределах полусферы разрабатывались зеркально-линзовые объективы сложной конструкции. Композиционно объективы выполнены по оптической схеме зеркально-линзового объектива для фотографирования и обзора в сферическом формате. Особый интерес представляет зеркально-линзовый объектив, принципиальная схема которого изображена на рис. 1. Объектив обладает интересными свойствами. Он дает прямое, неперевернутое изображение, не имеет виньетирования, обладает одинаковой светосилой по всему полю зрения и высоким качеством изображения в пределах всего поля.

Лучи, отображенные на рис. 1, показывают центральную, среднюю и периферийные границы поля обзора в пространстве предметов.

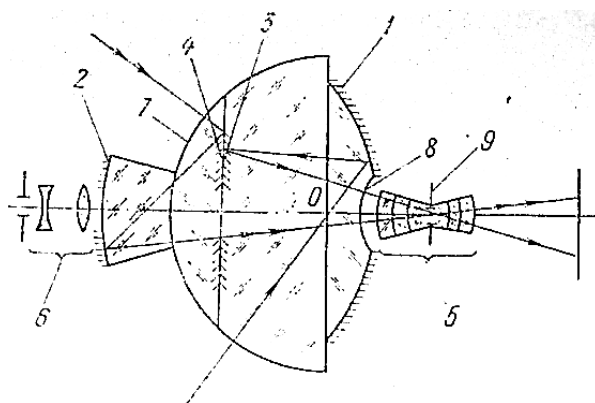


Рис. 1. Принципиальная оптическая схема зеркально-линзового объектива с полем зрения  $180^\circ$

С развитием цифровых технологий и появлением ПЗС-матриц возникла необходимость разработки новых и использования известных композиций оптических систем сверхширокоугольных объективов, работающих совместно с матричными приемниками. Развитие цифровой техники позволило получать неискаженные, с точки зрения дисторсии, изображения. Исправление дисторсионных искажений для неортоскопических объективов оптическими методами нереально, однако возможно при применении электронных способов компенсации дисторсии.

В композициях панорамных оптических систем с двумя зеркалами фронтальные зеркальные или зеркально-линзовые блоки, как показали информационно-аналитические исследования, строятся по трем вариантам:

1. вогнутое большое – выпуклое малое зеркала;
2. выпуклое большое – выпуклое малое зеркала;
3. выпуклое большое – вогнутое малое зеркала.

К композициям, построенным по варианту 1 относится панорамная система с катадиоптрическим фронтальным блоком [3], представленная на рис. 2, а. Здесь свет, обозначенный граничными пучками световых лучей, прежде чем достичь первого вогнутого зеркала (гиперболоидальной, эллипсоидальной формы (от сплюснутой до вытянутой) или сферической), преломляется на преломляющей поверхности, также имеющей различную форму в различных схемах (от сферической до эллипсоидальной) в зависимости от углового поля в вертикальном направлении, числовой апертуры, показателя преломления материала между зеркалами, формы последующих поверхностей и т.д. От первого по ходу световых лучей зеркала до второго, также меняющего свою форму в разных схемах, свет распространяется в оптической среде. Такой средой может быть флюорит ( $\text{CaF}_2$ ). Угловое поле в пространстве предметов подобных систем  $360^\circ \times 40^\circ$  трансформируется в линейное диаметром 10 мм. Относительное отверстие  $D/f' = 1/5$ .

К схемам, построенным по варианту 2, относятся композиции, представленные в патенте [4]. В системе использованы зеркальные поверхности от сферических до асферических, плоских и цилиндрических как в зеркальном, так и в зеркально-линзовом исполнении. В системах подобного исполнения реализован принцип рассматривания объекта в пределах полусферы или в большем объеме, поскольку вдоль ее оси перед малым зеркалом размещены оптические преломляющие элементы, обеспечивающие совмещение всех изображений через отдельные элементы конструкции в пределах углового поля в одной плоскости изображения. Данные композиции могут иметь применение в широкой области приборостроения (проекторы, приборы медицинского назначения и т.п.). Что касается реальной реализации подобных композиций, то они требуют конкретной проработки и в конкретном представлении носят в большей степени академический интерес.

К оптическим панорамным системам (вариант 3) относится панорамная оптическая система, представленная на рис. 2, б [5].

Система состоит из зеркального фронтального блока из асферических зеркал последующей линзовой композиции. Угловое поле в пространстве объектов  $360^{\circ} \times 60^{\circ}$  [3].

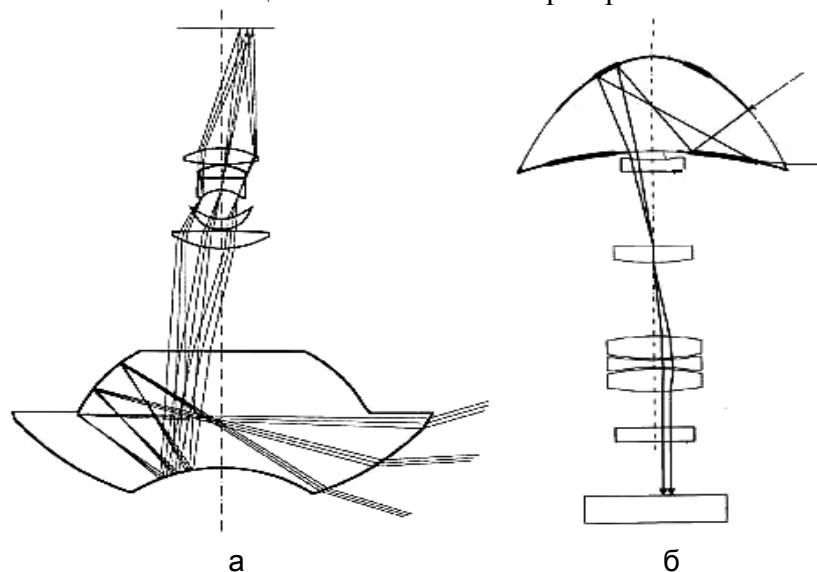


Рис. 2. Панорамная система: с катадиоптрическим фронтальным блоком (Национальный научно-исследовательский Совет Канады) (а); с зеркальным фронтальным блоком из асферических зеркал американской корпорации «Ve Here Corp» (б)

Декодировка кольцевого формата в прямоугольный образ позволит получать высококачественные неискаженные изображения.

Анализ рассмотренных композиций приводит к выводу о возможности использования таких оптических систем с панорамной оптикой в комплексах HUD – индикаторах коллиматорного типа (Head-up-Display, т.е. дисплей, в который смотрят с поднятой головой, не опуская взгляд на приборную панель).

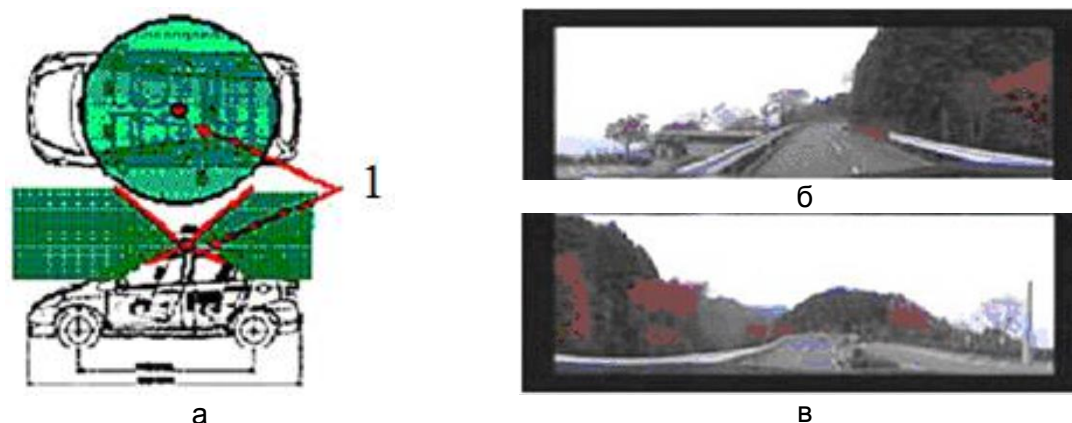


Рис. 3. Работа камеры кругового обзора, установленной на автомобиле: 1 – позиция камеры (а); панорамный вид пространства в прямоугольном формате, сформированный системой кругового обзора движущегося автомобиля: вид спереди (б), вид сзади (в)

Рис. 3, а, иллюстрирует работу панорамной системы кругового обзора, установленную на автомобиле, когда можно регулировать соотношение азимутальных углов переднего, бокового и заднего обзоров, не отрывая взора от приборной панели или, что более предпочтительнее, от изображения, формируемого HUD. Это важно при движении в темное время суток, когда за исключением конуса, высвеченного снопом



света фар по ходу движения, практически ничего не видно по сторонам и позади, кроме слепящего света идущих сзади автомобилей.

На рис. 3, б, показана картина воспроизведения в прямоугольном формате в масштабе реального времени, обозреваемого в пределах  $360^\circ$  по азимуту пространства, разделенная поровну. Верхняя часть – по ходу движения, нижняя – задний план [3].

В системах HUD-авиабазирования к описанным выше возможностям добавляется также возможность контроля пространства под фюзеляжем и над ним, значение которого трудно переоценить.

Возможность воспроизводить изображение окружающего пространства в широких угловых пределах в границах до полусферы и более в фотографии, кинофотографии, в различных исследованиях, а также на дисплеях приборов контроля и управления транспортным средством (воздушным, наземным, морским) во многом улучшает безопасность, маневренность движения, снижает нагрузки, испытываемые пилотом (водителем, оператором).

Таким образом, мировые тенденции и перспективы разработок аппаратуры для панорамного кругового обзора определяют актуальность данной тематики и диктуют необходимость оперативного развития данного направления с учетом богатого опыта в отечественной оптотехнике.

### Литература

1. Гончаренко Е.Н., Осипова Л.П., Томилин М.Г. Объективы для широкоугольной и панорамной съемки // ОМП. – 1979. – № 1. – С. 26–33.
2. Чуриловский В.Н. Теория оптических приборов. Учебное пособие для втузов. – Л.: Машиностроение, 1966. – 564 с.
3. Архипова Л.Н., Багдасаров А.А., Багдасарова О.В., Шевченко Д.Н. Панорамные системы кругового обзора // Оптический журнал. – 2016. – № 6. – Т. 83. – С. 20–31.
4. Charles J. Solid catadioptric omnidirectional optical sistem having central coverage means which is associated with a camera, projector, medical instrument or similar article // US Patent № 6449103. – 2002.
5. Wallerstein E., Hoffman R., DeMarta S., Driscoll E. Panoramic imaging system // US Patent № 7019918. – 2006.

УДК 004.052.2

### МНОГОАГЕНТНЫЙ ПОДХОД ПРИ ЗАЩИТЕ ИЕРАРХИЧЕСКИХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

Шиманчук С.Н.<sup>1</sup>

Научный руководитель – к.т.н., доцент Бондаренко И.Б.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе рассмотрено применение многоагентной системы для защиты иерархических автоматизированных систем, с целью нахождения оптимального решения, которое учитывает все межуровневые связи между компонентами таких систем. С целью усовершенствования работы стандартной многоагентной системы предложено построить работу агента-координатора на основе муравьиного алгоритма.

**Ключевые слова:** многоуровневая автоматизированная система, ступенчатая функция, живучесть, многоагентный подход, многоуровневая система защиты.

В современном мире информационные технологии занимают одну из ключевых ролей в жизни людей, так как они присутствуют практически во всех сферах их жизни. Основано это все на постоянно возрастающем объеме накопленной информации,

вследствие чего происходит динамичность и автоматизация процессов, что приводит к ускорению прогресса.

Большое количество средств вычислительной техники и построенных на их основе локальных и глобальных сетей ЭВМ, использующих всевозможные каналы связи, стало причиной рассредоточения информации по местам ее хранения и обработки, что усложнило ситуацию с защитой информации. Проблема обеспечения необходимого уровня защищенности сложных автоматизированных систем оказалась трудной задачей, требующей для своего решения создания целостной системы мероприятий и применения специфических средств и методов по защите информации во всей системе.

Для решения подобных задач в данной работе рассмотрен в качестве метода исследования автоматизированных систем (АС) многоагентный подход [1].

Как правило, архитектура сложных АС представляет собой многоуровневую иерархическую систему, количество уровней в которой варьируется в зависимости от масштабов организации. Уровни сложных АС включают в себя все структурные компоненты организации, начиная с датчиков, исполнительных механизмов, контроллеров, систем диспетчерского управления и заканчивая уровнем высшего руководства. Более наглядно структура иерархической АС представлена на рис. 1.

Множество функций защиты, исходя из анализа конкретных реализаций угроз на защищаемую информацию, выглядит следующим образом:

- предупреждение возникновения условий появления дестабилизирующих факторов;
- обнаружение появившихся дестабилизирующих факторов;
- предупреждение воздействий на защищаемую информацию;
- локализация и ликвидация последствий обнаруженного воздействия [2].

Если для перечисленных функций обозначить через  $P_r$  вероятность применения  $r$ -й функции при осуществлении успешной защиты, а через  $P_{тр}$  – требуемый уровень защищенности информации, то можно записать следующее соотношение:

$$P_r = \varphi_r(C_r) \geq P_{тр}, C = \sum_{\forall r} C_r \rightarrow \min,$$

где  $C_r$  – ресурсы, расходуемые на защиту информации.

Данное соотношение означает достижение необходимого уровня защиты при минимальных затратах на защиту информации, что обусловило **цель работы** [3].

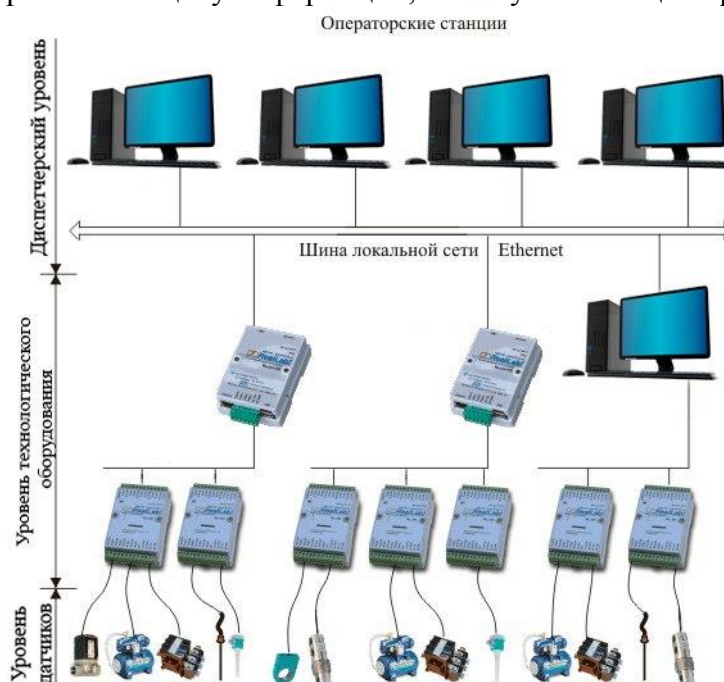


Рис. 1. Структура иерархической АС

Сложность решения многоуровневых задач заключается в том, что множество оптимальных решений, найденных на подуровнях, не означают, что достигнут оптимум для всей системы в целом. Причиной этого являются межуровневые связи, влияющие на процесс нахождения решения, и приводящие к тому, что сам процесс решения имеет лавинообразный характер.

Для оптимизации системы защиты в данной работе предложен подход, главная идея которого: выразить ступенчатую функцию через многоагентную систему, позволяющую найти оптимальное решение обеспечения безопасности на каждом уровне защищаемой АС.

Данная структура многоагентной системы состоит из следующих агентов: агента-координатора уровня управления, датчиков, технологического оборудования, диспетчерского уровня и управляющего поискового агента.

Агенты-координаторы всех уровней являются реактивными агентами, которые осуществляют контроль и распределение оптимальной защиты на каждом уровне, в соответствии с допущенными ограничениями. Все необходимые ограничения программируются на управляющем поисковом агенте, которому агенты-координаторы отправляют информацию о состоянии информационной безопасности на своем уровне, для последующего анализа и при необходимости принятия решений по изменению каких-либо важных компонентов системы защиты [4]. Алгоритм работы многоагентной системы представлен на рис. 2, а.

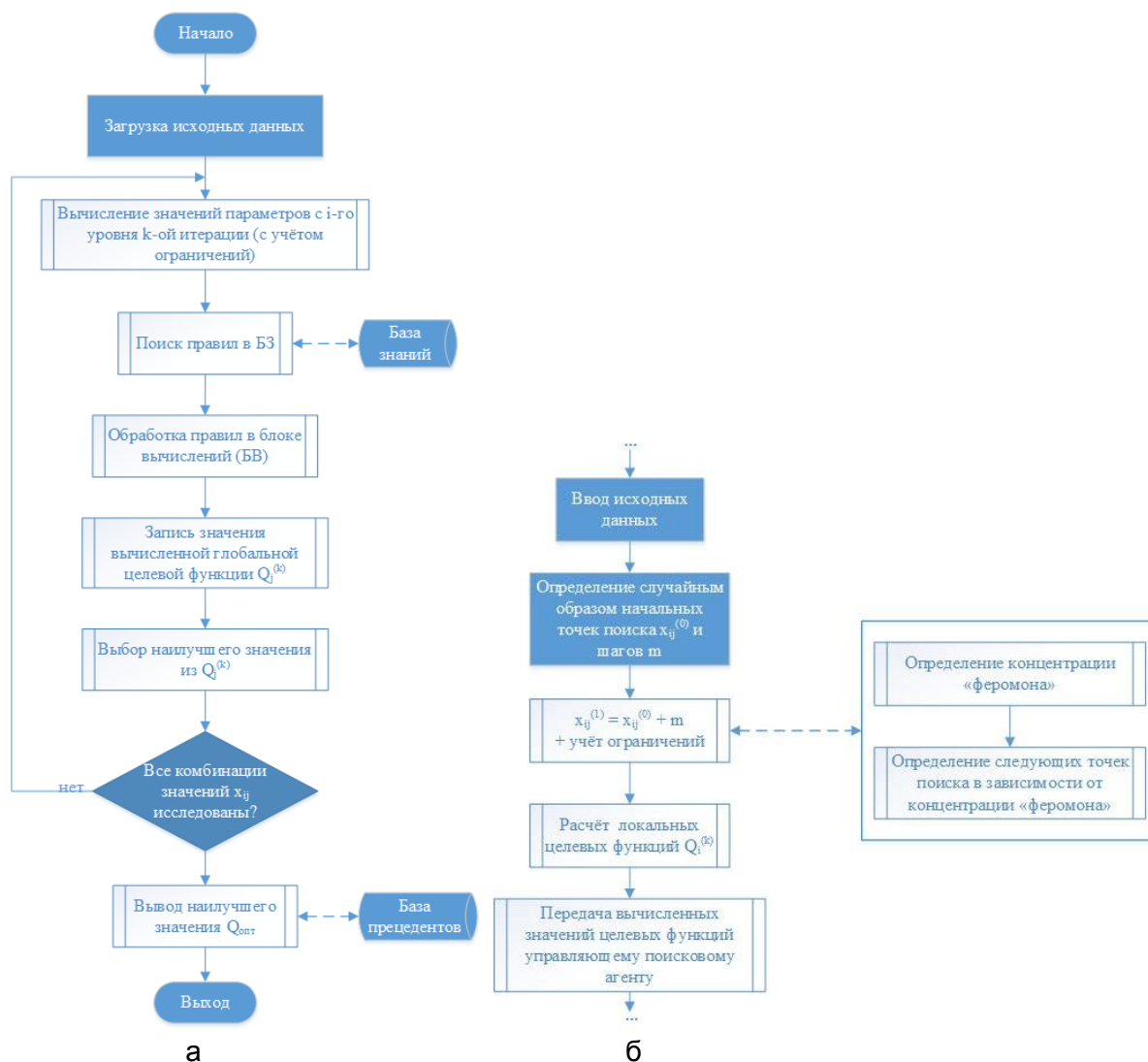


Рис. 2. Алгоритм работы: многоагентной системы (а) и агента-координатора (б)

С целью эффективного и быстрого создания оптимального решения агентом-координатором можно воспользоваться муравьиным алгоритмом, так как простой перебор всех возможных вариантов решений чрезвычайно неэффективен применительно к крупным системам.

Идея муравьиного алгоритма – моделирование поведения муравьев, связанного с их способностью быстро находить кратчайший путь от муравейника к источнику пищи и адаптироваться к изменяющимся условиям, находя новый кратчайший путь [5]. Более наглядно работа, выполняемая агентом-координатором на основе муравьиного алгоритма, представлена на рис. 2, б.

Таким образом, используя муравьиный алгоритм в работе агента-координатора можно за значительно меньший срок найти оптимальное решение и тем самым повысить живучесть многоуровневой системы защиты.

В ходе данной работы была построена структура и алгоритм работы многоагентной системы защиты, которая позволяет находить оптимальные решения для обеспечения защиты многоуровневых АС.

### Литература

1. Бондаренко И.Б., Коробейников А.Г., Прохожев Н.Н., Михайличенко О.В. Принятие технических решений с помощью многоагентных систем // Кибернетика и программирование. – 2013. – № 1. – С. 16–20.
2. Алексенко В.Н., Дреус Ю.Г. Основы построения системы защиты производственных предприятий и банков. Учебное пособие. – М.: МИФИ, 1996. – 68 с.
3. Карманов А.Г., Бондаренко И.Б., Чжао Л., Ткачев К.О. Оценка живучести сложных информационных систем связи с подвижными объектами // Информация и Космос. – 2015. – № 3. – С. 36–41.
4. Основные характеристики и виды взаимодействия агентов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aiportal.ru/articles/multiagent-systems/parameters-and-types-agent-interaction.html>, свобод.
5. Камынина С.П., Кудаланова А.С. Муравьиные алгоритмы // Сб. статей участников IV Международного научного студенческого конгресса. – 2013. – С. 1730–1734.

### УДК 338

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРАТЕГИИ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Штерле Е.И.<sup>1</sup>

Научный руководитель – к.э.н., доцент Александрова А.И.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

В работе рассмотрены проблемы выбора стратегий инновационного развития промышленных предприятий и условия для успешного осуществления инновационной деятельности. Выявлены сильные и слабые стороны предприятия и его конкурентов. Определена наиболее эффективная стратегия, способствующая повышению конкурентоспособности организации.

**Ключевые слова:** стратегия, конкурентоспособность, промышленное предприятие, развитие, инновационная деятельность.

Осуществление оптимального выбора стратегии, учитывающей специфику компании, необходимо для возможного осуществления новой деятельности в организации. Комплекс мероприятий, направленных на использование результатов проведенных в организации исследований и разработок представляет собой инновационную деятельность. Данный вид деятельности позволяет снизить зависимость от одного вида работ результатов общей деятельности организации [1].

Технологическая база предприятия может использоваться с большим эффектом за счет применения ее для производства разнообразной продукции, отличающейся удовлетворением качественно разных потребностей потребителей. Внедрение инноваций дает промышленным предприятиям преимущество перед конкурентами, однако этот процесс сталкивается с рядом трудностей, связанным с отраслевыми особенностями и спецификой деятельности компании [2]. Выбор стратегии, ее формирование и реализация в компании будут успешны, если имеются хорошие условия для ее разработки. Одной из основных проблем является отсутствие реализации стратегий на промышленных предприятиях вследствие непонимания необходимости качественного изменения работы организации при реализации стратегии [3]. Зачастую происходит лишь формальная разработка, не подразумевающая перехода к стратегическому управлению и новому состоянию фирмы.

Важно определить, какая стратегия будет наиболее эффективна для инновационного промышленного предприятия, которое производит собственные разработки и конкурентно на рынке.

Рассматривая виды стратегий инновационной деятельности, используемые на предприятиях с учетом имеющихся особенностей и специфики компаний, было выявлено, что при условии неустойчивого развития рынка и имеющихся инновационных рисков наиболее подходящей является стратегия диверсификации. Однако ее применение, как правило, ограничено в связи с недостаточным количеством собственных и заемных средств на предприятии.

Высокий уровень эффективности имеет наступательная стратегия, предполагающая ориентацию на проведение исследований с применением новейших технологий и высокий уровень риска. Она требует больших капиталовложений, проведения работ на предприятии высококвалифицированными сотрудниками и наличия значительных ресурсов. При выборе производства перспективного вида продукции, на выпуске которого предприятие концентрирует свои силы и ресурсы, стратегия оправдывает себя. Она характерна для крупных объединений и компаний, когда в отрасли доминируют несколько компаний при наличии слабого лидера. Но наступательная стратегия может быть реализована и небольшими предприятиями (особенно инновационными), если они концентрируют усилия на одном или двух инновационных проектах [4].

Использованием слабых сторон конкурентов и сильных сторон предприятия, а также отсутствием (на первых этапах) прямого противостояния конкурентам характеризуется промежуточная стратегия. Анализ экономической обстановки и внешней среды, проводимый при выборе стратегии, выявляет пробелы (ниши) в наборе выпускаемых новшеств. Их наличие объясняется определенной слабостью других предприятий (в том числе лидера), отсутствием их возможностей или нежеланием заполнить имеющиеся пробелы (например, из-за небольшого рынка). Такая стратегия часто используется применительно к модификациям базовых моделей новшеств. Например, разработка, освоение и рыночная реализация компьютеров для научных исследований, для бортовых систем (самолетов и др.) и игровых. Или рынок бытовых приборов, созданных на базе их основных моделей, применяемых в других сферах (в оборонной промышленности, здравоохранении и др.).

Для компаний со значительной прибылью и высокими рыночными позициями возможно использование защитной стратегии. Она характеризуется несущественным уровнем риска и высоким значением проектно-конструкторских и технологических разработок и определенной завоеванной долей рынка. При использовании защитной стратегии предприятия отличаются высоким уровнем техники и технологии производства, качеством выпускаемой продукции и пытаются удержать свои рыночные позиции. Такую стратегию используют средние предприятия, которые получают

значительную прибыль в условиях конкуренции, но не являются лидерами. Они имеют стабильную долю в отраслевом рынке и хорошую технологию производства. Эти компании имеют более прочные позиции в области маркетинга и производства по сравнению с инновационными разработками, научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами (НИОКР). Риск реализации данной стратегии ниже, чем наступательной, но меньше и потенциальный выигрыш. Основным их преимуществом являются низкие издержки производства. Такие предприятия в большей степени ориентируются на инновации и располагают достаточным потенциалом для их модификации.

Еще одна стратегия – поглощающая. Обычно используется в сочетании с какой-нибудь другой стратегией и предполагает ориентацию на приобретение инновационных решений (защищаемых патентами или ноу-хау), полученных другими фирмами. Ее применение дает возможность крупным компаниям использовать инновационные разработки других фирм для модификации базовых новшеств, так как инновации настолько разнообразны по степени сложности и новизны, что даже крупные объединения (компании), имеющие мощные подразделения по инновационным разработкам (службы НИОКР), не могут осуществлять работы по всему спектру эффективных нововведений. Вместе с тем они намерены сбалансированно распределять ресурсы на проведение собственных исследований и разработок и приобретение лицензий. При этом продажа лицензии на собственное радикальное нововведение может оказаться эффективным средством поддержания наступательной стратегии. Особенно это касается малой инновационной фирмы, у которой в других условиях нет ни малейшего шанса на успех наступательной стратегии. Альтернативой приобретению технологии конкурента посредством лицензионного соглашения является привлечение его специалистов: либо ведущих работников, либо всей «команды» проекта. Это обусловливается нежеланием конкурента продолжать работы по реализации исследовательского проекта или сокращением расходов на него.

Возможность использовать и модернизировать новшества других предприятий компаниям с высоким организационно-технологическим потенциалом дает применение имитационной стратегии. При определенных условиях компания становится прибыльной и занимает лидирующее положение [4]. Совершив такой выбор инновационной стратегии, предприятия при этом используют выпущенные на рынок новшества (продуктовые, технологические, управленческие) других организаций с некоторыми усовершенствованиями и модернизацией. Эти предприятия обладают высокой культурой производства, организационно-технологическим потенциалом, хорошо знают требования рынка, а порой имеют достаточно сильные рыночные позиции. При этом за основу могут быть приняты инновации, разработанные и освоенные как крупными предприятиями, так и малыми инновационными организациями. Нередко такие предприятия-имитаторы занимают лидирующее положение в своей отрасли и на соответствующих рынках, обойдя первоначального лидера-новатора.

Было определено, что для промышленного предприятия, которое производит собственные разработки и конкурентно на рынке, при выявлении и анализе его сильных сторон и определении слабых сторон конкурента можно осуществить наступление по определенным направлениям. Это будет наиболее эффективным методом воздействия на развитие. Потому следует использовать наступательную инновационную стратегию, один из видов которой выражается в поиске и выявлении слабых сторон конкурентов, что способствует совершенствованию работы организации по рассматриваемым направлениям. Выражаясь в поиске и выявлении слабых сторон конкурента, она способствует совершенствованию работы организации по

рассматриваемым направлениям. Существующие возможности, преимущества, недостатки и угрозы предприятия позволяет определить свот-анализ.

Если предприятие имеет собственное проектно-конструкторское бюро, то можно осуществить проведение исследований с применением новейших усовершенствованных технологий. Возможны разработка новых видов техники, выпуск продукции, которая по своим характеристикам будут пользоваться большим спросом, нежели их аналоги, являясь наиболее качественными и конкурентоспособными, что позволит укрепить позиции на рынке.

### Литература

1. Рыжкова Т.В., Горелова Л.В. Стратегия инновационного развития предприятия // Вестник Екатеринбургского института. – 2013. – № 2(22). – С. 31–40.
2. Хоровец В.В. Особенности инновационной деятельности предприятий машиностроения // Экономика и бизнес. Актуальные проблемы авиации и космонавтики. Социально-экономические и гуманитарные науки. – 2013. – С. 53–54.
3. Александрова А.И., Остаповец Е.А. Анализ и выбор инновационной стратегии организации // Сб. научных статей кафедры финансового менеджмента и аудита Университета ИТМО. – 2016. – С. 137–141.
4. Агарков С.А., Кузнецова Е.С., Грязнова М.О. Инновационная стратегия. Виды инновационных стратегий / Научная электронная библиотека Инновационный менеджмент и государственная инновационная политика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.monographies.ru/ru/book/section?id=3771>, своб.

### УДК 004.93

#### КАЛИБРОВКА В СИСТЕМАХ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЧНОСТЕЙ ПО ГОЛОСУ

Шулипа А.К.<sup>1</sup>, Шолохов А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

Хорошо известно, что изменчивость качества речевого сигнала влияет на эффективность систем распознавания личностей по голосу. Различие в качестве речи между эталонным и тестовыми произнесениями приводит к смещению выходных оценок и деградации производительности. В связи с этим для того чтобы компенсировать влияние данного фактора и обеспечить работу системы распознавания в широком диапазоне условий, необходимо выполнить калибровку выходных оценок. При этом, как правило, учитывают основные параметры речевого сигнала, которые оказывают наиболее сильное влияние на качество распознавания: продолжительность речи, отношение амплитуды сигнала к фоновому шуму и время реверберации. Вариативность данных параметров приводит к сдвигу оптимального порога принятия решения, что снижает надежность распознавания. В работе исследовано влияние разброса длительностей эталонных и тестовых речевых произнесений на качество идентификации личности по голосу в телефонном канале связи. По результатам работы был предложен эффективный метод стабилизации выходных оценок, который позволяет компенсировать данное рассогласование, улучшить качество и надежность распознавания по голосу.

**Ключевые слова:** распознавание дикторов, калибровка выходных оценок, настройка систем распознавания.

**Введение.** Распознавание личностей по голосу является передовой биометрической технологией, которая широко используется в различных областях, таких как государственные службы безопасности, криминалистика, судебно-медицинская экспертиза, промышленность, контакт и финансовые центры для обнаружения мошенничества при проведении финансовых операций и т.д. Такие системы распознавания дают возможность сравнить голосовые модели известного лица с моделями голосов неизвестных, для которых требуется идентификация. Для

выражения сходства сравниваемых голосовых моделей и принятия решений на основе заданного порогового значения, как правило, используется некоторая скалярная величина – выходная оценка системы распознавания по голосу. Пороговое значение для принятия решений устанавливается с учетом контроля границы между двумя типами ошибок распознавания [1]. Процедура калибровки выходных оценок является необходимым этапом настройки системы распознавания, который позволяет выбрать пороговое значение, таким образом, чтобы свести к минимуму ошибку распознавания и сделать принятие решений более надежным [2]. В последние годы проблеме калибровки систем автоматического распознавания уделяется большое внимание. По данной теме был опубликован ряд статей, которые предлагают решения данной задачи [3, 4]. Повышенный интерес к данной проблеме объясняется необходимостью получить более устойчивые распределения выходных оценок при изменении условий записи фонограмм.

Влияние различных факторов [4], таких как тип канала передачи аудиоданных, вокального усиления, уровня шума, продолжительности речи и т.д. является причиной возникающих рассогласований, и поэтому они должны быть компенсированы. Решение проблемы калибровки заключается в определении параметров отображения выходных оценок в отношении правдоподобий, которые зависят от характеристик качества речи на фонограммах. Основным критерий качества выполнения калибровки системы распознавания определяется значением функции потерь при заданном независимо от рассматриваемой системы распознавания пороге [4–6]. В свою очередь, параметры калибровки определяются, исходя из поиска минимума функции потерь при заданном пороге принятия решений [4, 7]. Исследования различных типов калибровки представлены в работах [4, 8, 9]. О новом способе вычисления параметров калибровки с использованием ограниченных по методу максимального правдоподобия гауссоид сообщается в [8]. Другие работы имеют дело с оценкой параметров функции калибровки, с учетом продолжительности речи эталонных и тестовых речевых сегментов, используемой как параметр качества [10, 11]. Проблема возникает, если тестовые и эталонные речевые сегменты в пределах одного типа канала имеют высокую изменчивость по длительности речи, которая проявляется более сильно, чем изменчивость других показателей качества, таких как отношение сигнал/шум, времени реверберации и т.д. В данной работе исследовано влияние продолжительности речи на распределения выходных оценок и параметры калибровки, осуществлена оценка параметров распределения по длительности речевых сегментов. Предложен метод аппроксимации этих параметров, соответствующая функция приближения, и проведено сравнение полученных результатов с аналогичным решением, представленным в работе [11]. В данных исследованиях использовалась современная система распознавания личности по голосу на основе вероятностного линейно дискриминантного анализа (PLDA). Для обучения системы и моделирования тестовых условий авторы использовали речевые произнесения из базы данных NIST SRE, записанных в телефонном канале.

**Система распознавания по голосу.** В данной работе авторы использовали систему текстонезависимого распознавания дикторов, в которой голосовые модели представлялись в виде векторов в низкоразмерном пространстве полной вариативности ( $i$ -вектора). Моделирование их распределения осуществлялось на основе PLDA. Для извлечения акустических признаков из речевого сигнала использовался стандартный подход, который заключался в спектральном анализе скользящих окон с шириной 20 мс и сдвигом 10 мс с последующим расчетом 13 мел-кепстральных коэффициентов (MFCC). Затем авторы дополняли этот набор первыми и вторыми производными с образованием 39-мерного вектора признаков. Определение голосовой активности осуществлялось с



использованием алгоритма на основе анализа речевой энергии на локальных участках фонограммы, как описано в работе [12]. Для построения моделей гауссовских смесей применялась гендерозависимая универсальная фоновая модель (UBM) с 2048 компонентами. Обучение параметров UBM осуществлялось на речевых базах NIST SRE-2004, 2005, 2006, SWBII и SWB CELL 1,2. В данной работе использовалось гендерозависимое 600-мерное  $i$ -векторное пространство полной вариативности, которое было обучено на тех же данных что и UBM. Для улучшения качества системы распознавания по голосу использовалась нормировка  $i$ -векторов и отбеливание [13].

**Базы данных.** Авторы проводили эксперименты с речевыми базами данных предоставленными национальным институтом стандартов и технологий (NIST). Все речевые данные в исследованиях были из речевого корпуса с телефонными разговорами на английском языке. Набор данных NIST SRE 2008 использовался для обучения систем и оценки параметров калибровки (речевая база развития). Для выполнения тестирования применялся речевой корпус NIST SRE 2012 (протокол C2 – тестирование на речевых произнесениях из телефонного канала). Проведена оценка параметров калибровки на всех возможных попытках сравнений из набора базы развития. В тестовом протоколе использовалось 2826 целевых и 161564 нецелевых испытаний для оценки эффективности калибровки. Речевые сегменты для оценки варьировались по длительности от 4 с до 150 с.

**Калибровка.** В общем случае калибровка применяется для изменения масштаба и сдвига выходных оценок, чтобы свести к минимуму среднюю ошибку распознавания в заданной пороговой точке. После калибровки выходные оценки можно рассматривать как логарифмы отношений правдоподобий верификационных гипотез, которые имеют прямую вероятностную интерпретацию. Можно показать, что если выходные оценки системы, полученные для гипотез свой-свой и свой-чужой распределены по нормальному закону с одинаковыми дисперсиями, то отображение калибровки является линейным преобразованием (1). Так, откалиброванная выходная оценка  $\bar{s}$  может быть вычислена как:

$$\bar{s} = as + b, \quad (1)$$

где параметры смещения  $b$  и масштабирования  $a$  определяются решением задачи оптимизации при заданном пороге принятия решения. Точность системы распознавания оценивается по значению функции стоимости функция, которая также применяется в оценках распознавания дикторов для конкурсов, организуемых NIST:

$$DCF(\theta) = \pi C_{fr} P_{fr}(\theta) + (1 - \pi) C_{fa} P_{fa}, \quad (2)$$

где  $C_{fr}$  и  $C_{fa}$  являются условными параметрами риска и обозначают вклад в стоимость в случае ложного отбрасывания и ложного принятия соответственно. Параметр  $\pi$  является априорной вероятностью гипотезы свой-свой. Параметры  $P_{fr}$  и  $P_{fa}$  являются значениями ошибок первого и второго рода в  $\theta$  точке принятия решения. Для того чтобы дать оценку качеству калибровки системы распознавания диктора, необходимо вычислить минимальное значение функция стоимости  $DCF_{\min}$  на всей области определения и значение в заданном пороге  $DCF_{act}$ . Если калибровка хорошая, то значения  $DCF_{\min}$  и  $DCF_{act}$  должны быть близки. В данном исследовании изучены различные подходы к калибровке, в которых учитывалась длительность произнесений. Один из существующих подходов рассмотрен в [11], где общая оценка преобразования для калибровки имеет вид:

$$\bar{s} = w_0 + w_1 s + Q(d_m, d_t, w_2 \dots), \quad (3)$$

где  $w_0$ ,  $w_1$ ,  $w_2$  – параметры калибровки;  $Q(d_m, d_t, w_2 \dots)$  дополнительная функция, зависящая от параметров качества (QMF, quality measure function);  $d_m, d_t$  – длительности речи эталонного и тестового сегментов. Авторы провели

эксперименты с различными видами функций  $Q_{1-3}$  (QMFs), предложенными в работе [11]. Для оценки параметров калибровки и QMFs на базе развития использовался программный инструментарий BOSARIS [14]. В работе предпринята попытка найти аппроксимационное приближение для параметров статистических распределений целевых и нецелевых тестовых попыток в зависимости от длительностей речи. Изначально предполагались эти распределения гауссовыми. Также предполагалось, что дисперсии распределений совпадают и не зависят от длительностей. Для инициализации общей дисперсии использовалось среднее значение по дисперсиям, рассчитанным на распределениях целевых (target) и нецелевых (imposter) тестовых попыток. Таким образом, основываясь на указанных предположениях можно применить для калибровки описанное выше линейное преобразование (1):

$$\bar{s} = y_0 + y_1 s, \quad (4)$$

где  $y_0, y_1$  – параметры калибровки, определены как:

$$y_0 = -\frac{1}{2\sigma^2} (\mu_{tar}^2 - \mu_{imp}^2) \quad y_1 = \frac{1}{\sigma^2} (\mu_{tar} - \mu_{imp}), \quad (5)$$

$\sigma$  – общая дисперсия;  $\mu_{tar}, \mu_{imp}$  – центры распределений целевых и нецелевых попыток.

Общая форма наиболее подходящих моделей аппроксимации, которая установлена в процессе исследований, определяется следующим образом:

$$\mu(d_m, d_t) = C_0 + C'_1(d_m)\sqrt{\log d_t} \quad C'_1(d_m) = C_1 + C_2\sqrt{\log d_m} \quad (6)$$

$$\mu(d_m, d_t) = \frac{1}{2} [\mu(d_m, d_t) + \mu(d_t, d_m)]. \quad (7)$$

Для оценки параметров калибровки (4) в предлагаемом подходе, прежде всего, необходимо определить зависимости центров распределений  $\mu_{tar}$  и  $\mu_{imp}$  от продолжительностей речи  $d_t$  тестовых сегментов при каждой фиксированной  $d_m$  длительности речи сегментов, используемых при регистрации (эталонных произнесений). Затем в следующем приближении определяются неизвестные параметры  $C_1$  и  $C_2$  в функции  $C'_1$  (6). В конечном счете, данное выражение симметризовалось относительно длительностей сегментов согласно (7). Таким образом, в приближении предлагаемой модели аппроксимации, матожидание целевых/нецелевых распределений имеет вид:

$$\mu(d_m, d_t) = C_0 + C_1(\sqrt{\log d_t} + \sqrt{\log d_m}) + C_2(\sqrt{\log d_t} \sqrt{\log d_m}). \quad (8)$$

Следует отметить, что этот результат получен при использовании PLDA-подхода, который позволяет предположить, что выходные оценки имеют нормальные распределения в соответствии с выводами работы [13].

**Экспериментальные результаты.** В разделе представлен анализ результатов калибровки. Для оценки параметров калибровки и последующего анализа использовалось подмножество тестовых попыток, полученных на базе развития. Испытания проводились на всех комбинациях пар длительностей речевых сегментов тестовых и эталонных произнесений. Проведено сравнение эффективности калибровки при использовании различных вариантов функции качества QMFs (табл. 1) и модели аппроксимации с помощью инструментария BOSARIS.

Таблица 1. Функции меры качества  $Q_{1-3}$

Обозначение	Явный вид	Неизвестные параметры
$Q_1$	$w_1  \log(d_m/d_t) $	$w_1$
$Q_2$	$w_1 \log^2(d_m/d_t)$	$w_1$
$Q_3$	$w_1 \log(d_m/d_c) \log(d_m/d_c)$	$w_1, d_c$

Для того чтобы выполнить запланированные эксперименты были подготовлены речевые сегменты различных длительностей путем усечения произнесений на 3, 7, 8, 10, 11 секундные фрагменты. Эти подмножества позволили получить необходимые выходные оценки для определения параметров предлагаемой модели калибровки.

Таблица 2. Результаты оценки качества распознавания при использовании различных подходов к калибровке с учетом длительностей произнесений

Количество сессий	EER [%]	minDCF	actDCF
Без калибровки			
1	4,58	0,42	0,42
3	3,19	0,31	0,32
5	3,18	0,28	0,28
$Q_1$ функция			
1	4,11	0,43	0,43
3	2,90	0,29	0,31
5	2,89	0,25	0,28
$Q_2$ функция			
1	4,26	0,41	0,42
3	2,93	0,29	0,30
5	2,91	0,25	0,26
$Q_3$ функция			
1	4,59	0,42	0,42
3	3,21	0,31	0,32
5	3,18	0,28	0,29
Предложенный алгоритм			
1	4,13	0,41	0,41
3	2,97	0,29	0,30
5	3,02	0,25	0,26

Как упоминалось ранее, в работе использовался NIST 2012 C2 (телефонный канал, мужская речь). Для проведения экспериментов применялись эталонные голосовые модели, полученные на нескольких произнесениях (от 1 до 5). В этом случае длительность речи эталонной модели регистрации была представлена в виде суммы длительностей всех речевых сегментов. В работе сосредоточено внимание на нескольких важных показателях эффективности, которые используются для оценки качества систем распознавания личностей: средняя ошибка (EER), минимальное и фактическое значение функции стоимости в точке принятия решения ( $DCF_{min}$ ,  $DCF_{act}$ ). Основные результаты исследования приведены в табл. 2. Для оценки параметров эталонной голосовой модели использовалось различное число произнесений (сессий). Согласно этим результатам можно сделать следующие выводы:

- все рассмотренные методы способствуют улучшению качества распознавания;
- $Q_2$ -функция оказалась лучшей для калибровки среди всех рассмотренных вариантов. Предложенный подход к калибровке оказался лучше с точки зрения меры фактического значения функции стоимости  $DCF_{act}$ . Эта калибровка демонстрирует стабильные лидирующие позиции по сравнению со всеми вариантами функций качества QMFS.

**Заключение.** В данной работе представлены метод калибровки и оценка теоретического состояния дел в области настройки, калибровки систем распознавания дикторов по голосу. Предлагаемый подход основан на аппроксимации положений центров целевых/нецелевых распределений в зависимости от длительностей сравниваемых речевых сегментов. Эксперименты были выполнены на базе NIST SRE 2012 согласно протоколу C2. В качестве параметров качества использовались значения EER, минимальное и актуальное значение функции стоимости в точке принятия решения.

### Литература

1. Van Leeuwen D.A. and Brummer N. An introduction to application-independent evaluation of speaker recognition systems // *Speaker Classification*. – 2007. – P. 330–353.
2. Mandasari M., Saeidi R. and van Leeuwen D. Calibration based on duration quality measure function in noise robust speaker recognition for NIST SRE'12 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cls.ru.nl/staff/dvleeuwen/btfs-2013/mandasari-btfs2013.pdf>, своб.
3. Doddington G.R. The role of score calibration in speaker recognition // *Interspeech*. – 2012. – P. 1103–1106.
4. Brummer N., Garcia-Romero D. Generative modelling for unsupervised score calibration // *ICASSP*. – 2014. – P. 1699–1703.
5. Martin A., Doddington G., Kamm T., Ordowski M. and Przybocki M. The DET curve in assessment of detection task performance // *Eurospeech*. – 1997. – P. 1895–1898.
6. Brummer N. Measuring, refining and calibrating speaker and language information extracted from speech, Ph.D. dissertation. – Stellenbosch University, 2010. – 176 p.
7. Hautamki V., Kinnunen T., Sedlak F., Lee K., Ma B. and Li H. Sparse classifier fusion for speaker verification // *IEEE Trans. on Audio, Speech and Language Processing*. – 2013. – V. 21(8). – P. 1622–1631.
8. Van Leeuwen D., Brummer N. The distribution of calibrated likelihoodratios in speaker recognition // *Interspeech*. – 2013. – P. 1619–1623.
9. Katz M., Schaffner M., Kriger S. and Wendemuth A. Score calibrating for speaker recognition based on support vector machines and Gaussian Mixture Models // *International Conference SIP*. – 2007. – P. 146–151.
10. Villalba J., Lleida E., Ortega A., Miguel A. A New Bayesian Network to Assess the Reliability of Speaker Verification Decisions // *Interspeech*. – 2013. – P. 3132–3136.
11. Mandasari M., Saeidi R., McLaren M. and van Leeuwen D. Quality Measure Functions for Calibration of Speaker Recognition Systems in Various Duration Conditions // *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*. – 2013. – V. 21. – № 11. – P. 2425–2438.
12. Kozlov A. et al. SVID Speaker Recognition System for NIST SRE 2012 // *Speech and Computer: 15th International Conference, SPECOM*. – 2013. – P. 278–285.
13. Garcia-Romero D. and Espy-Wilson C. Analysis of i-vector length normalization in speaker recognition systems [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.isr.umd.edu/Labs/SCL/publications/conference/dgromero\\_is11\\_inorm\\_final.pdf](http://www.isr.umd.edu/Labs/SCL/publications/conference/dgromero_is11_inorm_final.pdf), своб.
14. Brummer N., Villiers E. The BOSARIS Toolkit: Theory, Algorithms and Code for Surviving the New DCF [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/1304.2865.pdf>, своб.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Агеева Т.А., Ткачева Е.В., Шевяков А.Д.</b> Исследование методов трехмерного сканирования в области приборостроения .....	3
<b>Аксенова О.И., Алексеев Г.В.</b> Разработка технологической линии производства экструдированного закусочного продукта на основе картофеля .....	6
<b>Алексеева М.С.</b> Побочные продукты метаболизма молочнокислых бактерий и дрожжей в пшеничном квасе .....	10
<b>Алсуфьев А.А., Былецкий Д.А., Кабаров В.И.</b> Каталог Linguistic Data Consortium: обзор русскоязычных речевых баз данных .....	12
<b>Ахмедов А.А.</b> Роль лидерства в реинжиниринге бизнес-процессов .....	15
<b>Баландин М.А.</b> Алгоритм трекинга биометрически значимых точек лица на видео для мобильных устройств .....	19
<b>Balykina M.V., Sazanovich I.A.</b> An overview of new tendencies in branding .....	23
<b>Большаков В.О., Тампер А.М.</b> Определение оптимальных рабочих режимов фемтосекундного лазера для микроструктурирования системы SiO <sub>2</sub> /Si .....	26
<b>Васильцов О.А.</b> Сравнительный анализ средств для разработки систем по поддержке принятия решений .....	30
<b>Верховская Я.И.</b> Исследования оптических свойств полимерных композиционных материалов органического происхождения с анизотропными физико-механическими характеристиками .....	34
<b>Верховская Я.И., Сапунова Н.П., Карелин К.И.</b> Анализ преобразований цветовой температуры осветительных приборов .....	37
<b>Верхоляк О.В.</b> Анализ влияния интонационных контуров на точность распознавания эмоциональных состояний на базе данных русской эмоциональной речи rulsana .....	38
<b>Владимирова А.С.</b> Анализ методов оценки конкурентоспособности предприятия .....	42
<b>Волковая В.Н., Галюк В.Е.</b> Разработка алгоритма автоматического детектирования акустических событий .....	46
<b>Ворожцова Ю.С.</b> (Университет ИТМО), <b>Усманова Ф.Г.</b> (ООО «Газпромнефть научно-технический центр», Санкт-Петербург), <b>Рзаметов К.С.</b> (Университет ИТМО) Выбор метода прогнозирования образования газогидратов .....	50
<b>Галюк В.Е., Волковая В.Н.</b> Распознавание объектов на видео на основе детектора SSD .....	53
<b>Головин А.А.</b> Повышение быстродействия силовых пьезоактюаторов .....	56
<b>Григорян Н.А.</b> Улучшение организации учетных процессов на примере автоматизации отдельных задач учета товарно-материальных ценностей .....	60
<b>Гуляев П.А.</b> Исследование применения сверточных сетей в распознавании шокирующих изображений .....	64
<b>Елина Н.С.</b> Анализ рынка пищевой промышленности на удовлетворенность растительным белком .....	68
<b>Иванько Д.В., Рюмин Д.А.</b> Разработка усовершенствованного метода аудиовизуального распознавания речи на основе вероятностных моделей акустических и визуальных единиц речи .....	71
<b>Иванько Д.В.</b> Исследование рабочих характеристик базовых алгоритмов распознавания лиц в условиях клиент-серверной веб-архитектуры и ограниченности ресурсов .....	74
<b>Калиев А.</b> Обзор синтеза эмоциональной речи .....	77
<b>Иванова Т.В., Калинкина О.С.</b> Автоматизация синтеза склеенного компонента .....	79

<b>Квицинский А.Г.</b> Проектирование комплексной системы безопасности учебного здания вуза.....	82
<b>Киселёва И.А.</b> Исследование эффективности телевизионного детектора движения в составе распределенной системы охранной сигнализации .....	86
<b>Kislitsina E.A.</b> Parametric studies for multi-coil uniform magnetic field generating systems .....	90
<b>Ковалевский Н.К., Васильцов О.А.</b> Прототип web-сервиса для организации настольных игр.....	95
<b>Кожогулова А.К.</b> Выбор модели представления знаний в мобильном приложении для оценки риска усталости .....	99
<b>Komarova A.V., Menshchikov A.A.</b> A study of different authentication methods on web resources.....	104
<b>Копеев К., Столбов М.Б.</b> Разработка алгоритма для приема речевых сигналов и подавления широкополосной помехи в 2-микрофонной решетке.....	107
<b>Купратая Л.В.</b> Настройка рекламы в социальных сетях .....	110
<b>Курганова Е.В.</b> Влияние стабилизаторов и их комбинаций на вязкость ферментированного щербета.....	113
<b>Кутейникова К.А., Карпова Г.В.</b> Синтез наблюдательных систем.....	117
<b>Ле Ван Туан</b> Идентификация параметров солнечной батареи .....	120
<b>Линь Г.</b> Образ волка в русской и китайской культуре .....	125
<b>Лисицкий Е.И.</b> Обзор библиотек для ускорения разработки программ для многопоточной обработки данных на языке C++ .....	127
<b>Лихачева Т.С., Летуновский Д.С., Романова Е.Б., Бондаренко И.Б.</b> Техничко-экономическое обоснование методики проектирования и прототипирования электронных средств, лежащей в основе работы комплекса автоматизации проектирования и прототипирования электронных средств.....	130
<b>Вавринюк Д.М., Макаренко А.С., Саляев А.В., Володин А.М.</b> Беспроводной контроллер для очков виртуальной реальности.....	135
<b>Макаренко Д.В.</b> Анализ утилит для кросс-браузерного тестирования веб-приложений.....	139
<b>Мулюкин А.А.</b> Способы расчета моделей системной динамики в облачной инфраструктуре .....	141
<b>Насыров К.Н.</b> Медианная фильтрация изображений с использованием графических ускорителей.....	145
<b>Нгуен Ван Ба</b> Селективное покрытие .....	148
<b>Нгуен Ван Чыонг</b> Анализ методов и алгоритмов кодирования в современном гибридном видеокодеке H.265/HEVC.....	151
<b>Нгуен Ван Чыонг</b> Адаптивный цело-пиксельный метод оценки движения с мультисеточным шаблоном.....	154
<b>Недопекина Н.В.</b> Сущность контроллинга как инновационного механизма управления организацией .....	156
<b>Николаев А.С.</b> Совершенствование аналитической и практической деятельности таможенных органов в системе управления рисками.....	158
<b>Нугманова А.А.</b> Сравнительный анализ алгоритмов классификации и форм представлений для решения задачи автоматического анализа тональности коротких текстов .....	162
<b>Одноворченко П.В.</b> Оптико-электронный фотометр-колориметр на основе двухполостной интегрирующей сферы .....	166
<b>Осадчая Т.С.</b> Контроль действий и усечение возможностей привилегированных пользователей.....	169

<b>Павлов Р.В.</b> Мембраны на основе хитозана и полипиррола для разделения смесей метанол-толуол .....	172
<b>Пальков В.А.</b> Обзор подходов реализации биометрических систем, противодействующих spoofing-атакам.....	176
<b>Перегудин А.А., Лагодина А.В.</b> Алгоритм управления перевернутым маятником на подвижном основании.....	178
<b>Полухин Д.Д.</b> Применение суффиксных деревьев для поиска оптимальной последовательности звуковых элементов на основе алгоритма витерби .....	183
<b>Полякова Ю.Д.</b> Производство инновационного продукта как объект финансирования .....	186
<b>Пугачев А.А.</b> Глубокая нейронная сеть для определения обращения человека к автоматической диалоговой системе.....	190
<b>Рюмин Д.А., Иванько Д.В.</b> Параметрическое представление области губ диктора для многомодального распознавания жестового языка и речи.....	193
<b>Семькин А.В.</b> Разработка автоматизированной системы мониторинга и прогнозирования затопления территорий промышленных объектов с использованием математического аппарата нейронных сетей .....	198
<b>Синицина Ю.С., Точилина Т.В.</b> Разработка и расчет схемы контроля формы вогнутой отражающей поверхности параболоида вращения главного зеркала объектива телескопа.....	202
<b>Столяров А.И.</b> Особенности системы автоматизированного проектирования сложных изделий (комплексов) .....	207
<b>Сухов А.И.</b> Разработка реактора полимеризации акриловых производных в водной среде .....	211
<b>Testov M.V.</b> Feasible methods of image sequence stabilization for marine applications.....	214
<b>Ткачева Е.В., Агеева Т.А., Шевяков А.Д.</b> Проблематика сквозного монтажа печатных плат.....	217
<b>Глеубаева Ж.С.</b> (Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати), <b>Тоимбек Д.К.</b> (Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати), <b>Джанузакова Р.Ж.</b> (Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати) Исследование и разработка методов передачи телеметрической информации о состоянии системы энергоснабжения космического аппарата.....	222
<b>Убский Д.С.</b> Автоматическое распознавание эмоций по многомодальным данным.....	225
<b>Фельдина Е.А.</b> Графовое представление иерархической структуры сценария диалога.....	227
<b>Хижняков Д.В.</b> Анализ методов ускорения процессов обмена данными между мобильным приложением и векторным сопроцессором мобильного устройства.....	231
<b>Хоанг Тхань Лонг</b> Формирование просветляющих покрытий с заданным распределением толщины при использовании диафрагмы на сферических поверхностях большой кривизны .....	235
<b>Храбрый Д.В.</b> Исследование алгоритмов распознавания образов для разработки модуля видеоконтроля на одноплатном компьютере .....	241
<b>Chashchina M.M.</b> The movement algorithm of a mobile robot over a rough terrain .....	244
<b>Чащина М.М.</b> Алгоритмы управления колесным мобильным роботом на пересеченной местности.....	248
<b>Чеботарь А.В.</b> Инновационный подход в организации рекрутинговой деятельности .....	253
<b>Черных И.А., Петров О.Е., Кабаров В.И.</b> Построение глобального обратного поискового индекса по массиву речевых данных .....	255

<b>Шемигон Т.Н., Багдасарова О.В.</b> Сверхширокоугольные объективы в панорамных системах кругового обзора.....	261
<b>Шиманчук С.Н.</b> Многоагентный подход при защите иерархических автоматизированных систем .....	265
<b>Штерле Е.И.</b> Определение стратегии повышения конкурентоспособности промышленного предприятия.....	268
<b>Шулипа А.К., Шолохов А.В.</b> Калибровка в системах распознавания личностей по голосу.....	271



# **СБОРНИК ТРУДОВ VI ВСЕРОССИЙСКОГО КОНГРЕССА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ**

В авторской редакции

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО

Дизайн обложки

Н.А. Потехина

Зав. РИО

Н.Ф. Гусарова

Редактор

Л.Н. Точилина

Подписано к печати

Заказ №

Тираж 100 экз.