

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Интеллектуальные и мехатронные системы»

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ, СЕНСОРНЫЕ И
МЕХАТРОННЫЕ СИСТЕМЫ-2022**

Сборник научных трудов

(по материалам студенческих научно-технических конференций)

М и н с к
Б Н Т У
2 0 2 2

Редакционная коллегия:

В.М. Зайцев, В.А. Гулай, А.В. Дубовик

Составитель:

Е.А. Богданова

Представлены материалы докладов студенческих научно-технических конференций. Тематика охватывает широкий круг проблем построения интеллектуальных систем обработки информации, сенсорных и мехатронных систем.

© Белорусский национальный
технический университет, 2022

УДК 004.056

СПЕКТРАЛЬНО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЕНЕРАТОРОВ СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ

студент гр. 014302 Адамонис А. В.

Научный руководитель - канд. техн. наук Ролич О. Ч.

Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Одним из наиболее важных показателей случайных последовательностей является их качество, которое отчасти характеризуется непредсказуемостью рядов, независимостью и неповторяемостью числовых фрагментов, стационарностью генератора [1, 2].

Предлагаемый спектрально-статистический способ оценки качества генератора случайных чисел заключается в совместном анализе спектрограммы и двумерной гистограммы, формируемой им последовательности. Качество генератора оценивается по степени стационарности и стохастичности генерируемого распределения и, как следствие, подобия одномерных гистограмм последовательных выборок, перемещающихся вдоль случайного числового ряда, и равномерности структуры спектрограммы [3, 4].

Исследования предлагаемого способа оценки качества случайных генераторов проведены на функциях современных программно-математических сред для формирования числовых последовательностей с равномерным и нормальным распределениями, а также с треугольным распределением Симпсона [5].

На рисунке 1 изображены результаты спектрально-статистического преобразования, в частности, спектрограмма 1, (d) и двумерная гистограмма 1, (e) числовой последовательности с равномерным распределением.

В процессе получения представленных на рисунке 1 результатов общая длина случайной числовой последовательности выбиралась равной 65536 элементов, длина отдельных фрагментов при построении спектрограммы 1024 элемента, при построении двумерной гистограммы 8192 элемента, количество гистограммных уровней 512, шаг перемещения выборки при построении спектрограммы 256, при построении двумерной гистограммы 128. Во всех оконных преобразованиях (и спектральных, и статистических) использовалась прямоугольная весовая функция [3, 4].

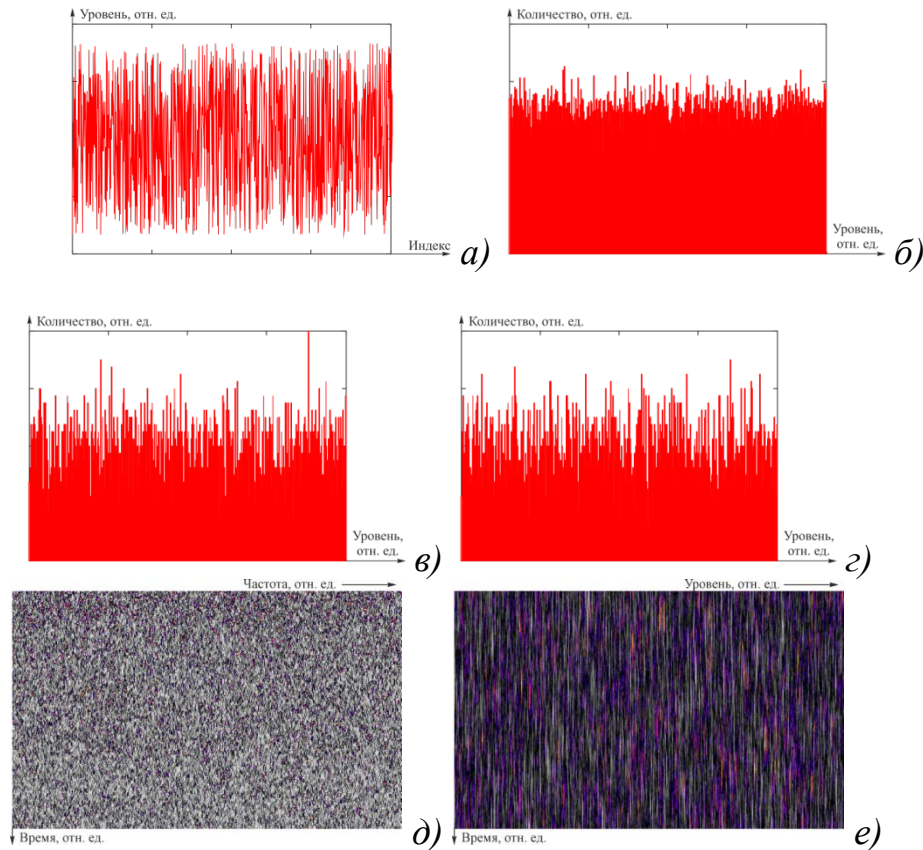


Рис 1. Результаты спектрально-статистического преобразования числовой последовательности с равномерным распределением:
 а) – график числовой последовательности;
 б) – гистограмма распределения плотности уровней числовой последовательности;
 в), г) – гистограммы распределения плотности уровней фрагментов числовой последовательности;
 д) – палитризованная спектрограмма числовой последовательности;
 е) – палитризованная двумерная гистограмма числовой последовательности.

Результаты рисунка 1 подтверждают принадлежность последовательности равномерному распределению: гистограммы выборочных фрагментов и всей последовательности имеют визуальное сходство с равномерным распределением.

Аналогичные результаты для случайных числовых последовательностей с нормальным распределением и треугольным распределением Симпсона приведены соответственно на рисунках 2 и 3.

Гистограммы рисунков 2 и 3 также имеют внутреннее (или фрагментарное, в пределах распределений) сходство и подобие заданным распределениям: 2, (б) – 2, (г) нормальному распределению, 3, (б) – 3, (г)

треугольному распределению Симпсона. На основании подобия гистограмм фрагментов числовых последовательностей (рисунки 1, (в), 1, (з), 2, (в), 2, (з), 3, (в), 3, (з)) и выраженной ориентации вдоль временной оси образов двумерных гистограмм на рисунках 1, (е), 2, (е), 3, (е) делается вывод о стационарности выбранных генераторов случайных чисел.

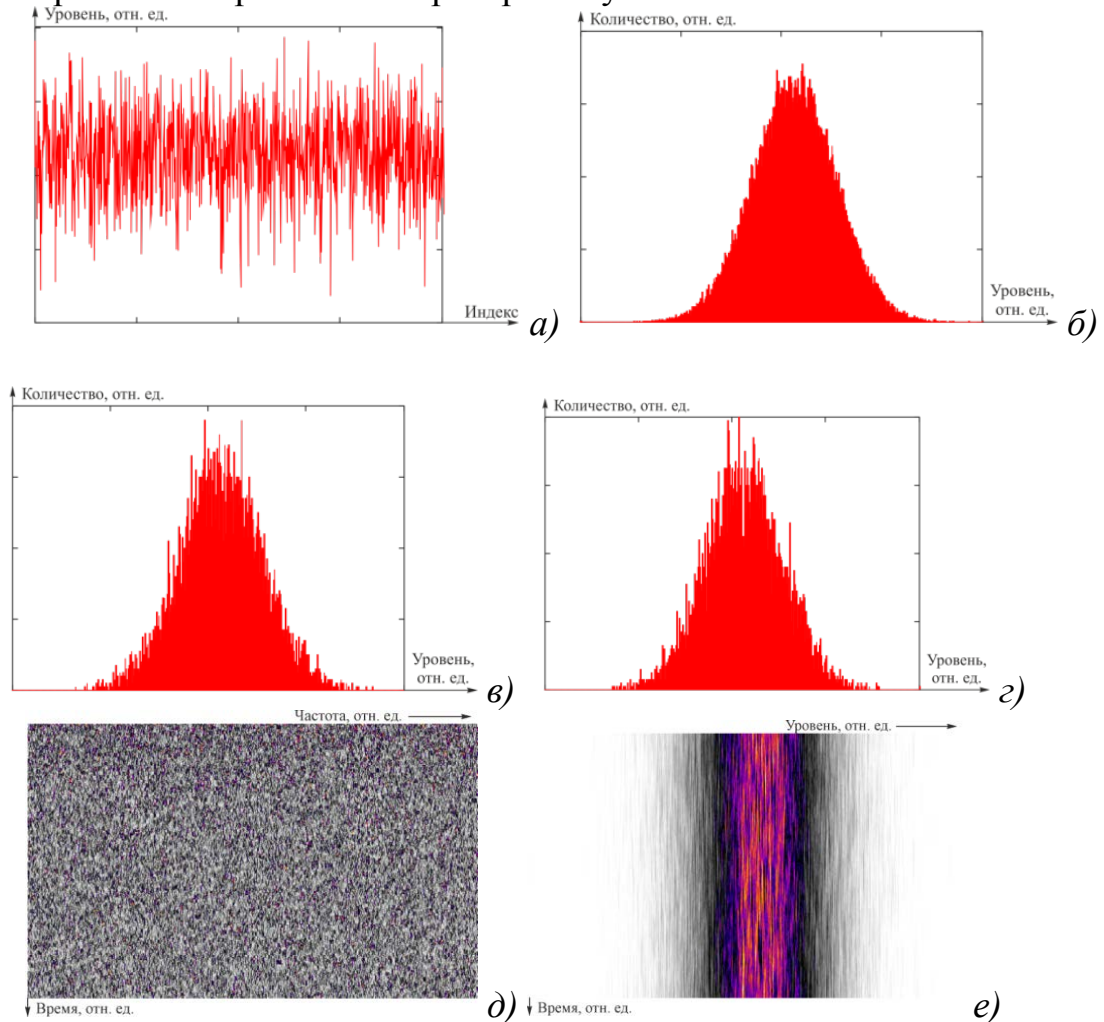


Рис 2. Результаты спектрально-статистического преобразования числовой последовательности с нормальным распределением:
 а) – график числовой последовательности;
 б) – гистограмма распределения плотности уровней числовой последовательности;
 в), з) – гистограммы распределения плотности уровней фрагментов числовой последовательности;
 д) – палитризованная спектрограмма числовой последовательности;
 е) – палитризованная двумерная гистограмма числовой последовательности.

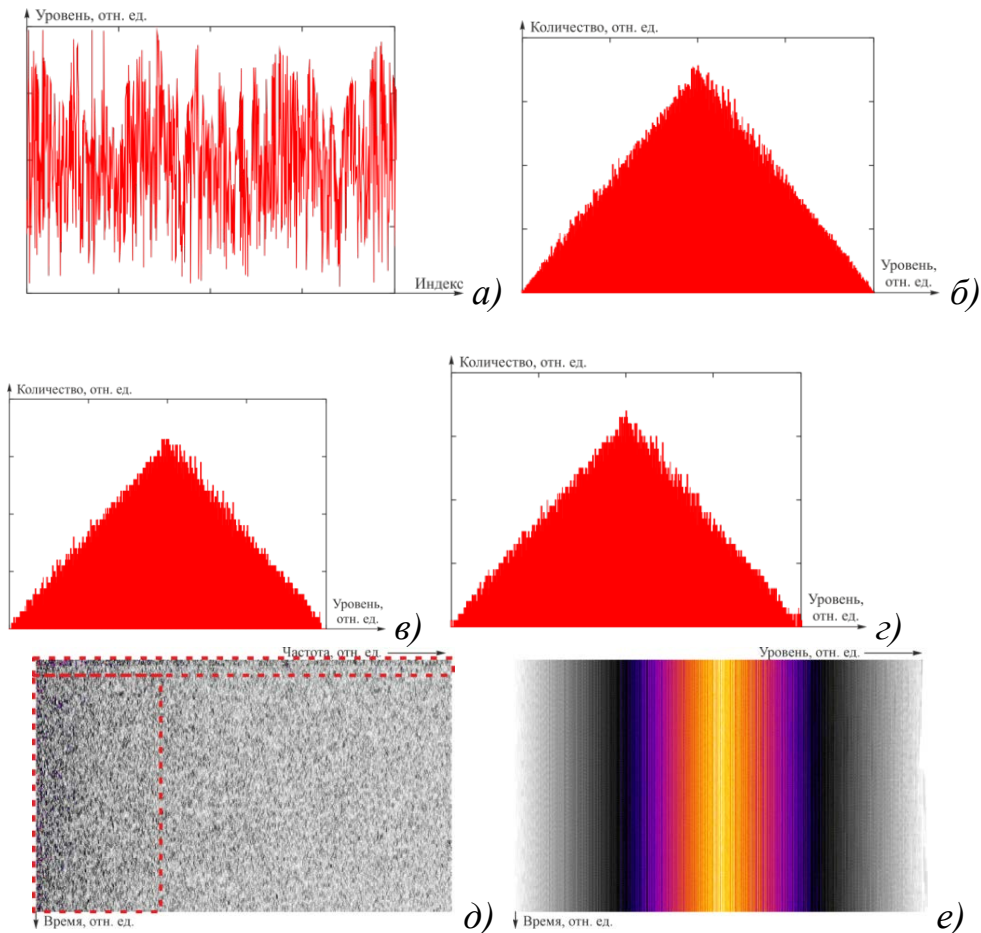


Рис 3. Результаты спектрально-статистического преобразования числовой последовательности с треугольным распределением Симпсона:

- а) – график числовой последовательности;
- б) – гистограмма распределения плотности уровней числовой последовательности;
- в), г) – гистограммы распределения плотности уровней фрагментов числовой последовательности;
- д) – палитризованная спектрограмма числовой последовательности;
- е) – палитризованная двумерная гистограмма числовой последовательности.

Структуры спектрограмм на приведённых рисунках визуально отличаются. Если для генераторов равномерного и нормального распределений спектрограммы имеют примерно одинаковую структуру в виде равномерного шума, то в спектрограмме числовой последовательности с треугольным распределением Симпсона очевидна неравномерность фона. Так, в спектрограмме на рисунке 3, (д) плотность тёмных пикселей выше в низкочастотной области, и она выделена штрихпунктирным прямоугольником.

Неравномерность спектрального фона, в особенности, потенциальное наличие детерминированных частот свидетельствуют о снижении качества генератора, об уменьшении стохастичности и независимости генерируемых им числовых последовательностей.

Исходя из результатов исследований, на уровне интегральных метрических характеристик для спектрограммы и двумерной гистограммы, представляемых полутоновыми изображениями, стационарность генератора и стохастичность случайной последовательности предлагается оценивать следующими показателями [6]:

1. Коэффициентами линейности зависимостей энергетических центров от горизонтального и вертикального направлений. В этом случае в спектрограмме и двумерной гистограмме, интерпретируемых в виде полутоновых изображений, построчно вычисляются энергетические центры, результирующая зависимость энергоцентров от индекса строки аппроксимируется прямой и оценивается угол её отклонения от вертикали. Аналогичным образом формируется зависимость на базе энергетических центров каждого столбца, которая аппроксимируется прямой, и оценивается угол её отклонения от горизонтали.

2. Отклонением от центра спектрограммы как полутонového изображения точки со средними координатами кривых, построенных на максимумах (или минимумах) каждой строки и каждого столбца спектрограммы.

Оценки предложенных показателей качества для исследованных генераторов случайных последовательностей с равномерным, нормальным и треугольным распределениями сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Показатели качества генераторов случайных чисел.

Вид распределения	Показатели спектрограммы			Показатели двумерной гистограммы	
	Угол отклонения от вертикали аппроксимирующей прямой для множества энергоцентров строк, °	Угол отклонения от горизонтали аппроксимирующей прямой для множества энергоцентров столбцов, °	Радиальное отклонение от середины изображения геометрического центра для множества координат максимумов по строкам и столбцам, %	Угол отклонения от вертикали аппроксимирующей прямой для множества энергоцентров строк, °	Угол отклонения от горизонтали аппроксимирующей прямой для множества энергоцентров столбцов, °
Равномерное	-0.105838	-0.029232	1.242	-0.307423	-0.207788
Нормальное	-0.009276	-0.007229	3.624	-0.071478	-0.075041
Треугольное Симпсона	-0.823436	-0.171173	82.116	0.005335	0.948542

Для визуального подтверждения и сравнения предложенных оценочных характеристик на рисунке 4 продемонстрированы зависимости положений энергоцентров строк спектрограмм и двумерных гистограмм относительно середины ширины изображений, энергоцентров столбцов относительно середины высоты, а также относительный разброс максимумов по строкам и столбцам спектрограмм.

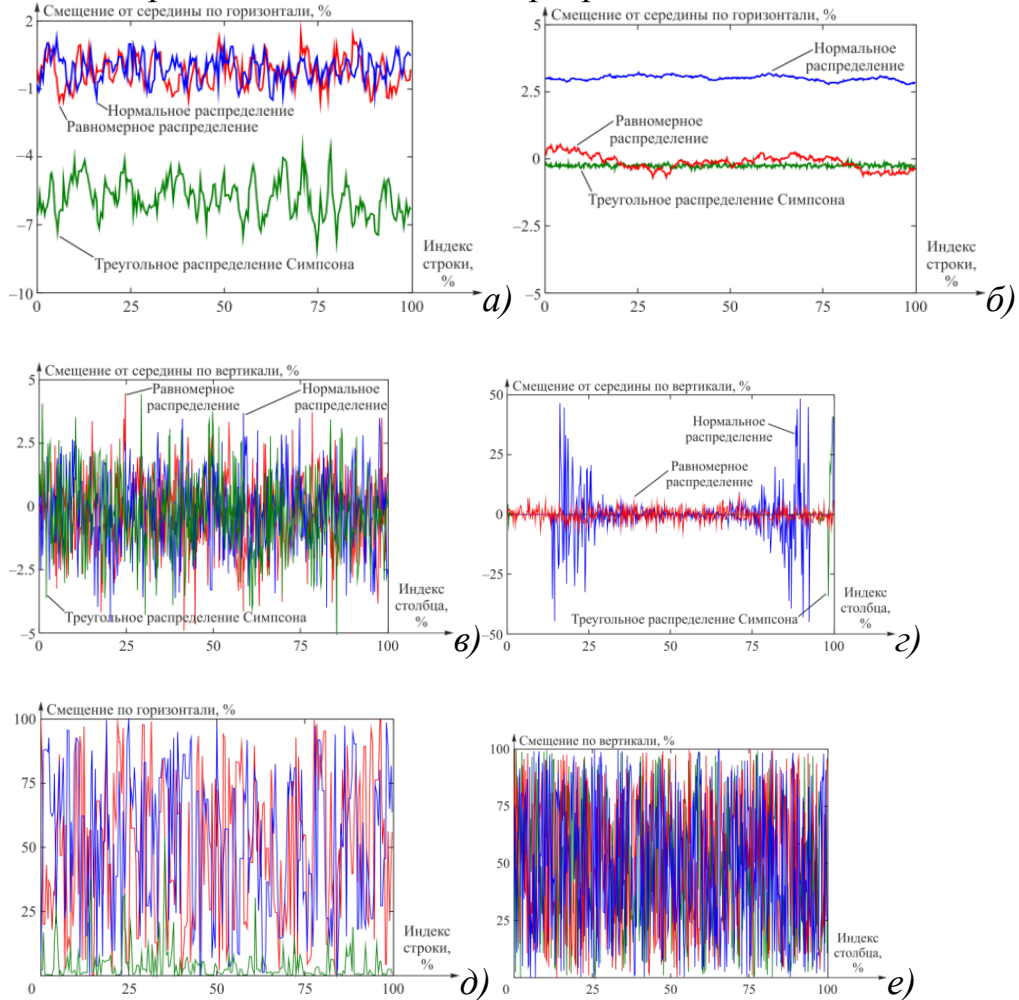


Рис 4. Зависимости относительных положений энергоцентров строк в спектрограммах (а) и двумерных гистограммах (б), энергоцентров столбцов (в) и (з) и разброса спектрограммных максимумов по строкам (д) и столбцам (е) для равномерного, нормального и треугольного распределений.

Согласно приведённым результатам, в частности, таблицы 1 и рисунка 4, для оценки стационарности генератора порог по абсолютным значениям углов отклонений от вертикали и от горизонтали аппроксимирующих прямых для множеств энергоцентров строк и столбцов следует установить равным 1.0° , а для оценки стохастичности рекомендуемый порог по радиальному отклонению от середины

спектрограммы геометрического центра для множества координат максимумов по строкам и столбцам равен 5 %.

Соответственно, из исследованных генераторов равномерного, нормального и треугольного распределений с точки зрения оценки стохастичности принимается неудовлетворительным генератор треугольного распределения Симпсона, работающего по алгоритму [5]. В самом деле, исходя из рисунков 3, (д) и 4, (д), очевидная неравномерность фона спектрограммы и концентрация максимумов серии амплитудно-частотных характеристик в низкочастотной области формируют подозрение в наличии квазиповторяющихся числовых последовательностей или фрагментов, что снижает стохастичность генератора случайных чисел.

Литература

1. Ажмухамедов, И. М. Методика оценки качества последовательности случайных чисел / И. М. Ажмухамедов, Н. А. Колесова // Вестник АГТУ. – 2010. – № 2. – С. 141 – 148.

2. Колесова, Н. А. Оценка качества генераторов последовательностей случайных чисел / Н. А. Колесова // Вестник АГТУ. – 2011. – № 1. – С. 119 – 123.

3. Тарасенко, В. Е. Алгоритмы обработки сигналов в интегрированной системе виброакустической и тепловой диагностики дизельных двигателей / В. Е. Тарасенко, О. Ч. Ролич, Д. А. Михаевич // Агропанорама. – 2020. – № 6 – С. 38 – 41. Пурькова, М. В. Алгоритм статистического анализа данных / М. В. Пурькова, О. Ч. Ролич // Интеллектуальные, сенсорные и мехатронные системы-2021: сборник научных трудов (по материалам студенческих научно-технических конференций). – Минск: БНТУ, 2021. – С. 26 – 28.

4. Киселёва, М. П. Формирование случайного массива с заданным законом распределения на основе генератора с равномерным законом распределения / М. П. Киселёва, О. Ч. Ролич // Интеллектуальные, сенсорные и мехатронные системы-2021: сборник научных трудов (по материалам студенческих научно-технических конференций). – Минск: БНТУ, 2021. – С. 17 – 19.

5. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.

ДВИЖИТЕЛЬ МЕХАТРОННОГО УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ МЕХАНИЗМА РОСКЕТ-BOGIE ДЛЯ ПРЕОДОЛЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ПРЕПЯТСТВИЙ

студент гр. 10309118 Андреев Т. М.
Белорусский Национальный Технический Университет
Минск, Беларусь

Введение

Развитие мехатроники как отдельной науки привело к созданию всевозможных роботов и различных способов их управления. Наряду с робототехникой мехатроника внесла значительные изменения в сфере промышленной деятельности, привнеся в неё не только высокий уровень автоматизации производства, но и создав принципиально новые устройства, изменяющие облик мира и способы коммуникации с ним. Современные технологии дают большие возможности создания исключительных роботов, различающихся по своему назначению, мобильности, портативности и способу взаимодействия как с пользователем, так и с природой окружающего естества.

Собственно, темой данной статьи является освещение проблематики создания движителя мехатронного устройства для преодоления дорожных препятствий на основе механизма rocker-bogie. В ходе выполнения этой работы будут проведены необходимые исследования и разработаны необходимые инженерные решения для полного исполнения поставленных задач по заданной теме.

Основной идеей будет создание подвижного вездеходного робота, способного передвигаться по бездорожью и при наличии дорожных препятствий. Управление данным устройством будет дистанционным, дабы показать широту предполагаемой области применения данного робота или устройств, созданных с помощью технологий, заложенных в нём.

Вездеходные роботы - это категория мобильных роботов, которые способны демонстрировать отличные внедорожные характеристики. Они способны перемещаться по ухабистой и пересеченной местности. В основном у них есть колеса или гусеницы для передвижения. Они имеют различные механизмы связи для преодоления препятствий различного размера. Всегда желательно, чтобы вездеходный робот был автономным, то есть он будет ощущать свое окружение с помощью датчиков, а затем будет принимать дальнейшие решения самостоятельно, с помощью инструкций. Цель этой работы состояла в том, чтобы придумать и создать мобильного робота, который будет колесным вездеходом, обладающим хорошими внедорожными возможностями, хорошим сцеплением с волнистой, пересеченной местностью, способностью преодолевать препятствия переменного размера, способностью подниматься и спускаться по лестнице,

способностью пересекать канавы или расщелины и генерировать стабильное движение на волнистой поверхности.

Очевидно, что задачи и сферы использования могут быть самыми разными, и для специализированных целей конструкция устройства может меняться и дополняться. Но вот несколько примеров возможного использования:

- Исследование местностей труднодоступных для человека (топи, тропики, ледники, космические объекты и т.п.);
- Доставка мелких грузов;
- Прокладывание маршрута для прохождения человеком по неизвестным участкам;
- Оказание помощи при устранении неисправностей на объектах, представляющих угрозу для человека;
- Поиск возможных ресурсов и необходимой информации;
- Перемещение объектов по территории;
- Мониторинг местности и т.п.

Однако, независимо от того, кем и как будет эксплуатироваться робот, основной задачей курсовой работы является разработка и обеспечения возможности прохождения дорожных препятствий. Наряду с дистанционным управлением это будет являться основной для дальнейшего улучшения и модернизации устройства.

Исследования показали, что восьмиколесная система движения является избыточной, и потому она сейчас не используется. В ЛРД НАСА и Калифорнийском технологическом институте была разработана новая конфигурация механизма подвески, обещающая улучшить ходовые характеристики роверов без существенного увеличения массы и потребляемой мощности – рокер-буги (rocker-bogie). Эта подвеска, изображенная на рисунке 2, использует колесную формулу 6х6х4. Все шесть колес независимо управляются двигателями постоянного тока, а передние и задние являются поворотными с управлением через дополнительные идентичные двигатели. Внутренний механизм дифференциала, состоящий из торсиона, планетарной и зубчатой передач, соединяет левую и правую сборки рокер-буги таким образом, что, когда левая часть подвески поднимается, правая опускается. Это помогает усреднить давление на грунт, что критически важно при движении по рыхлому грунту. Данная система подвески, относящаяся к кинематическим, позволяет сохранять контакт всех колес транспортного средства с поверхностью даже при преодолении чрезвычайно пересеченной местности. Ровер с такой системой движения способен преодолевать препятствия высотой как минимум равной диаметру колес ровера, а испытания показали, что для марсоходов Spirit и Opportunity эта величина составила 1.5 диаметра колес.

3D-модель устройства

На рисунке 1 представлена трёхмерная модель разработанного устройства. На нём показаны основные механические узлы. Для большей наглядности была изменена прозрачность крышки механизма.

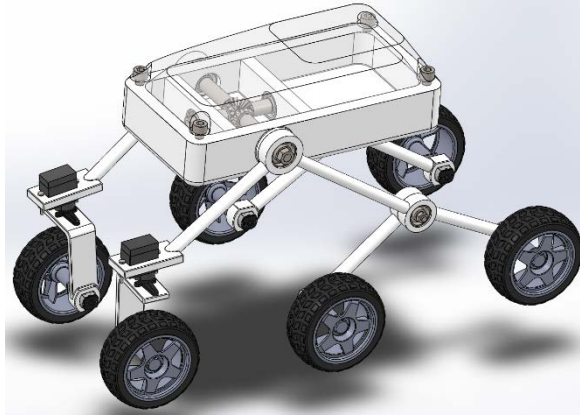


Рис. 1 – Устройство на основе rocker-bogie

Схема электрическая принципиальная

На рисунке 2 представлена данная схема. Для обеспечения питания логических возможностей драйверов и микроконтроллера к источнику питания подключаются стабилизаторы напряжения. Так как для микроконтроллера требуется напряжение питания в 3.3В то подключаем стабилизатор LM7803, а для драйверов двигателей LM7805, так как он на выходе выдаёт 5В соответственно.

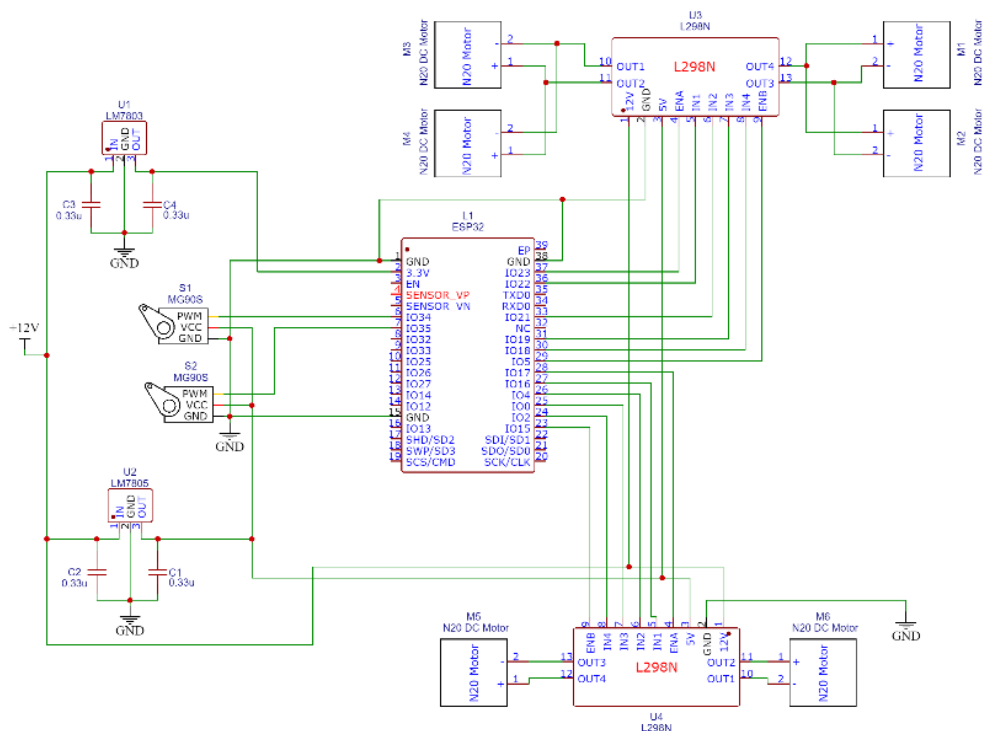


Рисунок 2 – Схема электрическая принципиальная

Напрямую к микроконтроллеру мы также подключаем драйверы двигателей и серводвигатели. К одному из драйверов мы подключаем моторы двух передних колёс, так как на них нагрузка будет идти больше. Оставшиеся 4 подключаются ко второму драйверу. Для обеспечения максимального крутящего момента на моторах от источника питания напрямую подаётся питание на драйверы двигателей.

Заключение

В данной статье было кратко освещено устройство, которое базируется на механизме rocker-bogie. Была представлена проблематика, разработанная трёхмерная модель и принципиальная схема.

УДК 004.056.5

ВСТРАИВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ВОДЯНЫХ ЗНАКОВ В ИЗОБРАЖЕНИЯ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

студент 4 курса, 5КБ группы Коробкин А. И.

Научный руководитель - канд. техн. наук Садов В. С.

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

Можно выделить две причины популярности исследований в области стеганографии в настоящее время: ограничение на использование крипто средств в ряде стран мира и появление проблемы защиты прав собственности на информацию, представленную в цифровом виде [1]. Первая причина повлекла за собой большое количество исследований в духе классической стеганографии (то есть скрытия факта передачи информации), вторая – еще более многочисленные работы в области так называемых водяных знаков.

Примерно 90% информации человек получает с помощью зрения и 9% с помощью слуха [1]. Поэтому, наиболее интересны методы защиты визуальной информации, в частности изображений.

Цифровой водяной знак (ЦВЗ) – специальная метка, незаметно внедряемая в изображение или другой сигнал с целью тем или иным образом контролировать его использование [3].

После рассмотрения алгоритмов, встраивающих водяные знаки в области ДКП, в качестве основы для разрабатываемой методики был выбран алгоритм Коха и Жао, имеющий ряд преимуществ, подходящих для решения поставленных задач [4]. К ним относятся:

- поблочное дискретное косинусное преобразование растрового изображения;
- нетребовательность к выбору вида водяных знаков (можно использовать как двумерное монохромное изображение, так и битовую последовательность);
- поиск бит внедренной информации по слепой схеме.

Для обеспечения робастности ЦВЗ, необходимо разместить в изображении множество копий встраиваемой информации. Для этого прекодер рассчитывает максимальное количество бит N_{bmax} , которое можно встроить в контейнер, по формуле 1.

$$N_{bmax} = \left\lfloor \frac{h}{8} \right\rfloor \cdot \left\lfloor \frac{w}{8} \right\rfloor \quad (1)$$

где

h – высота изображения в пикселях;

w – ширина изображения в пикселях;

$[x]$ – целая часть x .

Далее прекодер переводит строку из текстового представления в массив бит и рассчитывает длину сообщения в битах N_b . И повторяет его n раз, рассчитанное по формуле 2 для полного заполнения контейнера.

$$n = \left\lceil \frac{N_{bmax}}{N_b} \right\rceil \quad (2)$$

Полученную последовательность прекодер передает кодеру.

Восстановление встроенного сообщения происходит следующим образом.

Декодер должен знать исходную длину сообщения в битах N_b .

Декодер получает биты из изображения. Полученное количество бит N_{pl} кратно N_b , т. е. содержит $N_{pl}/N_b = n$ повторений встроенного ЦВЗ. Декодер разбивает последовательность из N_{pl} бит на n последовательностей по N_b бит.

Выделенные биты могли быть изменены вследствие сжатия, или преднамеренной атаки, поэтому из n копий ЦВЗ декодер пытается восстановить исходное ЦВЗ следующим образом. Из выделенных n копий декодер формирует матрицу B с n строками и N_b столбцами, где в строках записаны повторения ЦВЗ. Тогда i -тый бит восстановленного ЦВЗ определяется как самый частый бит в i -том столбце матрицы повторений ЦВЗ т. е. по формуле 3.

$$b_i = \left\lceil \frac{\sum_{k=1}^n B_{k,i}}{n} \right\rceil \quad (3)$$

Где $[x]$ – округление x к ближайшему целому.

Далее декодер восстанавливает текстовое сообщение из битовой последовательности. Извлеченное сообщение сравнивается с изначальным ЦВЗ. Если они полностью совпадают, выносится решение об обнаружении ЦВЗ.

Для объективной оценки искажающего воздействия встраивания ЦВЗ используется отношение уровня сигнала исходного изображения к уровню шума (PSNR).

Зависимость PNSR оригинального изображения и изображения со встроенным ЦВЗ от коэффициента силы встраивания показан на рисунке 1.

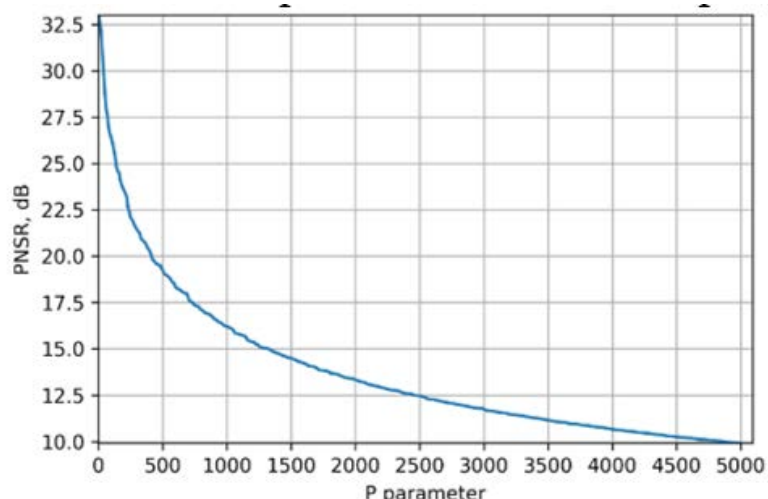


Рис 1. PSNR для оригинала и изображения со встроенным ЦВЗ с заданным коэффициентом силы

По рисунку 1 можно заметить, что с увеличением параметра P скорость падения PSNR уменьшается.

Как видно из рисунка 2, при встраивании на изображении появляются искажения в виде чередующихся желтых и синих прямоугольников, выраженность которых увеличиваются с увеличением параметра силы встраивания.

Чтобы лучше рассмотреть искажения выделим синий канал изображения, результат показан на рисунке 3.



Рис. 2. Сравнение изображений с различной силой встраивания

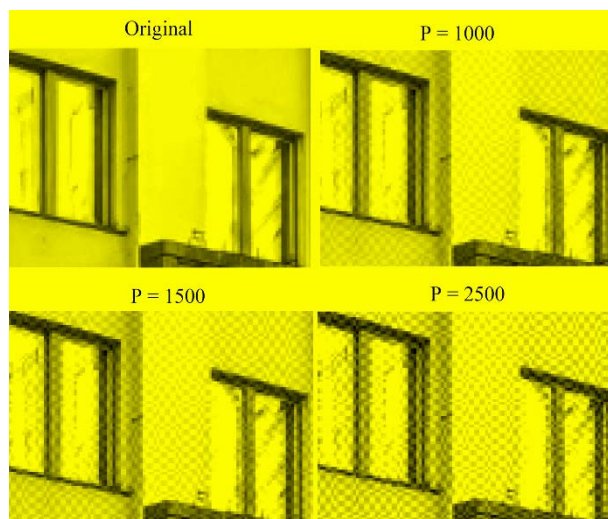


Рис. 3. Синий канал рисунка

Исследуем насколько сильное сжатие JPEG может выдержать ЦВЗ с коэффициентом силы встраивания P . Результат исследования представлен на рисунке 4.

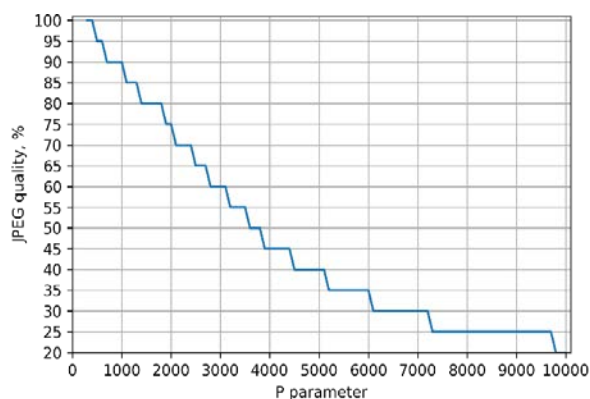


Рис. 4. Зависимость минимального качества JPEG сжатия, которое может выдержать ЦВЗ от коэффициента силы встраивания P .

При значениях $P < 300$, ЦВЗ не было возможно обнаружить даже в сжатых изображениях с качеством 100%. Поскольку, JPEG даже с качеством 100% производит сжатие с потерями информации [2].

Для обнаружения ЦВЗ из контейнера, сжатого с качеством 90%, нужно использовать параметр P не меньше 700. Пример контейнера со встроенным ЦВЗ с $P = 700$ и сжатого с качеством 90% показан на рисунке 5. Искажения не заметны даже в однотонных областях.



Рис. 5. Встраивание в контейнер, сжатый с качеством 90%

Для обнаружения ЦВЗ из контейнера, сжатого с качеством 80%, нужно использовать параметр P не меньше 1500. Сравнение изображения, с встроенным ЦВЗ с $P = 1500$ и сжатое в JPEG с качеством 80% представлено на рисунке 6.



Рис. 6. Встраивание в изображение, с $P = 1500$, сжатое в JPEG с качеством 80%

На рисунке 6 отчетливо видны искажения в модифицированном контейнере в виде серых прямоугольников. Таким образом незаметно встроить ЦВЗ, которое выдержит сжатие с качеством 80% разработанным методом не выйдет.

На практике при сжатии JPEG в основном используется параметр качества в диапазоне от 75% до 100% [2], что дает хорошее качество с хорошим сжатием. Разработанным методом не удалось незаметно встроить ЦВЗ, которое выдержит сжатие 80%, что говорит о недостаточной устойчивости метода для использования на практике.

Возможные способы улучшения устойчивости к сжатию:

Использование помехоустойчивого кодирования в комбинации с множественным встраиванием. С помощью помехоустойчивого кодирования можно отбросить поврежденную последовательность бит или

исправить ошибку, тогда для извлечения будет достаточно меньшей силы встраивания P , что также повысит незаметность.

Выбор блоков для встраивания. Встраивание наиболее заметно на монотонных участках, следовательно, можно их пропускать. В менее монотонные блоки можно незаметно встроить с большей силой встраивания P .

Литература

1. Грибунин, В.Г. Цифровая стеганография: учебное пособие / В.Г. Грибунин, И.Н. Оков, И.В. Туринцев. – Москва: СОЛОН-ПРЕСС, 2009. – 264 с.
2. Какой выбрать уровень сжатия JPEG [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://spp-photo.ru/2015/12/11/kakoj-vybrat-uroven-szhatiya-jpeg-v-photoshop-i-lightroom/>. – Дата доступа: 18.12.2021.
3. Коробкин, А. И. Требования к цифровым водяным знакам для защиты цифровых изображений / А. И. Коробкин // Прикладные проблемы оптики, информатики, радиофизики и физики конденсированного состояния: материалы Шестой междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20–21 мая 2021 г. / Ин-т приклад. физ. проблем Белорус. гос. ун-та ; редкол.: В. И. Попечиц [и др.]. – Минск, 2021. – с. 131–133.
4. Koch E., Zhao J. Towards Robust and Hidden Image Copyright Labeling // IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing. 1995. P. 123-132.

УДК 621.793

**ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ ИМПУЛЬСНОГО ПИТАНИЯ НА
РАЗРЯДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАГНЕТРОННЫХ
РАСПЫЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

магистрант гр. 115441 Нестерчик Р. И.

*Научный руководитель - канд. техн. наук Завадский С. М.*Белорусский государственный институт информатики
и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Одной из проблем реактивного магнетронного распыления является возникновение на поверхности мишени магнетрона микродуг, которые приводят к неконтролируемому росту тока в дуге, выбросу материала мишени и соответственно к нестабильности процесса нанесения. Процесс формирования микродуг на поверхности мишени во многом определяется ростом оксидной пленки в разрядной зоне мишени магнетрона, на поверхности которой происходит накопление положительного заряда. Если заряд достигает напряжения пробоя диэлектрика, то возникает дуга, что приводит к кратковременному изменению условий распыления и взаимодействия кислорода с распыленными атомами материала. Поврежденный участок мишени может служить источником для возникновения дополнительного дугообразования и, в результате, этот процесс может носить лавинообразный характер. Кроме того, образование дуг может приводить к капельным выбросам из поверхности мишени, и эти капли снижают качество пленки. Все эти процессы являются причиной нарушения стабильности процесса распыления.

Для устранения дуг было предложено использовать ассиметричное импульсное питание магнетрона током средней частоты (1 – 100 кГц). При ассиметричном импульсном питании полярность подаваемого на мишень магнетрона напряжения изменяется от отрицательного значения до положительного. В течение импульса отрицательной полярности (рабочего импульса) ионы под действием электрического поля ускоряются по направлению к мишени и распыляют атомы мишени. В течение импульса положительной полярности электроны из плазмы привлекаются к мишени и компенсируют скопившийся на поверхности оксидной пленки заряд. Для эффективного устранения микродуг длительность рабочего импульса должна быть меньше времени, необходимого для накопления достаточного заряда для образования пробоя и, как следствие, возникновения и развития дуги. Анализ, проведенный в работе [1] показал, что время накопления заряда зависит от параметров разряда распылительной системы и свойств наносимого материала. Поэтому для выбора параметров импульсного

питания проведены исследования процессов импульсного реактивного магнетронного распыления V мишени в среде Ar/O₂ рабочих газов. В ходе экспериментов частота следования импульсов изменялась от 1 до 100 кГц. Длительность положительного импульса τ изменялась от 3 до 50 мкс. Амплитуда положительного импульса, в зависимости от его длительности, составляла $U^+ = 25 - 40$ В.

Установлено, что увеличение частоты следования импульсов приводило к увеличению напряжения разряда (рисунок 1.а). При токе разряда $I_t = 1,5$ А и $F = 82$ кГц напряжение разряда достигало максимума выходного напряжения блока питания -800 В. Также увеличение длительности импульса приводило к увеличению напряжения разряда (рисунок 1.б). При частоте 50 кГц увеличение τ с 3 до 7 мкс приводило к увеличению U_t с 613 до 744 В.

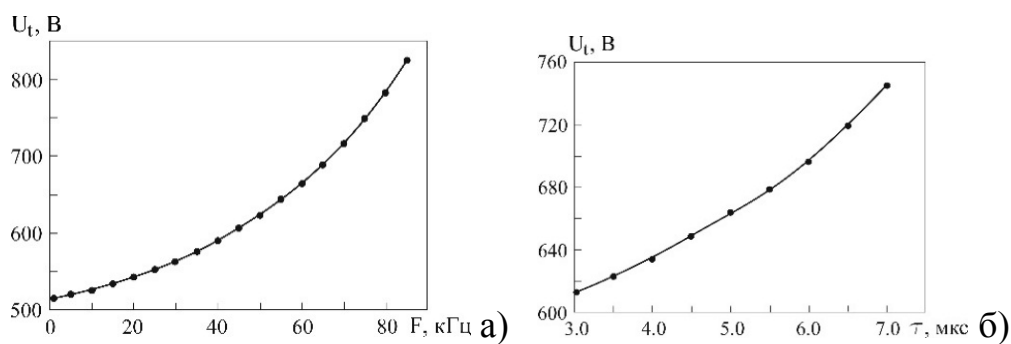


Рис. 1 – Зависимости напряжения разряда от частоты следования импульсов (а), напряжения разряда от длительности положительного импульса (б),

($G_{O_2} = 50\%$, $I_t = 1,5$ А, $\tau = 3$ мкс).

Установлено, что при частоте более 5 кГц и длительности импульса более 3 мкс не детектируется формирование микродуг. При частоте 10 кГц и длительности импульса 3 мкс обеспечивается устойчивая работа МРС во всем диапазоне концентраций кислорода. Таким образом использование импульсного питания обеспечивает эффективное устранение микродуг, а процесс нанесения стабильным и повторяемым.

Литература

1. Технологические процессы и системы в микроэлектронике: монография / А. П. Достанко [и др.]; под общей ред. А. П. Достанко. – Минск: Бестпринт, 2009. – 200 с.

УДК 621.793

**ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МАГНЕТРОННЫХ
РАСПЫЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ПИТАНИИ**

магистрант гр. 115441 Нестерчик Р. И.

Научный руководитель - канд. техн. наук Завадский С. М.

Белорусский государственный институт информатики

и радиоэлектроники

Минск, Беларусь

Проведены исследования влияния тока разряда, типа питания и состава газовой среды на характеристики разряда магнетрона при высоковакуумном реактивном магнетронном распылении V мишени в среде Ar/O₂ рабочих газов.

На рисунке 1.а представлена зависимость $U_t(\Gamma_{O_2})$ при использовании DC питания магнетрона. Зависимости получены в режиме стабилизации тока разряда. Как видно из рисунка 1.а, независимо от тока разряда при увеличении Γ_{O_2} напряжение разряда увеличивалось. При токе разряда $I_t = 0,5$ А при распылении мишени в среде Ar напряжение разряда составляло 365 В. При добавке кислорода напряжение разряда первоначально резко увеличивалось до 441 В при $\Gamma_{O_2} = 8$ %. При дальнейшем увеличении Γ_{O_2} до 70 % напряжение разряда монотонно увеличивалось до 520 В. При обратном уменьшении концентрации кислорода напряжение разряда снижалось. Причем уменьшение напряжения происходило по тому же пути, что и увеличение. Т.е. при высоковакуумном реактивном магнетронном распылении ванадия гистерезис напряжения, характерный для процессов реактивного магнетронного нанесения диэлектрических пленок, отсутствовал.

На рисунке 1.б представлены зависимости напряжения разряда от концентрации кислорода в Ar/O₂ смеси газов при распылении V мишени импульсным током ($F = 10$ кГц, $\tau = 3$ мкс, $U^+ = 25$ В). Ток разряда изменялся от 0,5 до 1,5 А. Зависимости получены в режиме стабилизации тока разряда. Как видно из рисунка, характер кривых соответствовал зависимостям $U_t(\Gamma_{O_2})$, полученным при распылении на постоянном токе. Однако при тех же режимах распыления напряжение разряда при импульсном питании имело более высокие значения по сравнению с распылением на постоянном токе. При увеличении и уменьшении концентрации кислорода напряжение разряда изменялось по одной кривой, т.е. отсутствовал гистерезис напряжения.

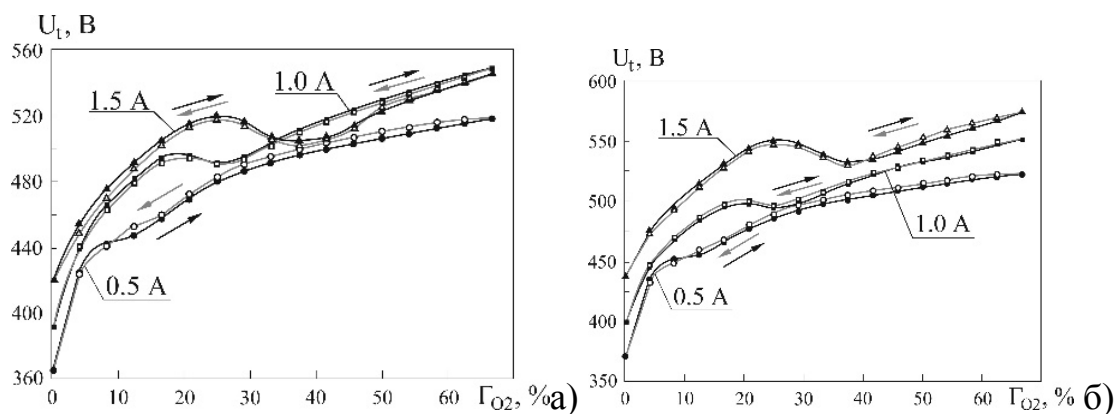


Рис 1. – Зависимость напряжения разряда от содержания кислорода в Ar/O₂ смеси газов при распылении мишени на постоянном токе (а) и импульсным током и различном токе разряда (б).

Проведенные исследования скорости нанесения пленок при использовании постоянного тока и импульсного питания магнетрона ($F = 10$ кГц, $U^+ = 25$ В, $\tau = 3$ мкс) показали, что скорость нанесения также имеет сильную зависимость от концентрации кислорода в Ar/O₂ смеси газов (рисунок 2). Такое поведение зависимости скорости нанесения от Γ_{O_2} характерно для процессов реактивного магнетронного нанесения пленок оксидов и связано с формированием на поверхности мишени оксидной пленки, которая имеет более низкий коэффициент распыления.

При использовании импульсного питания магнетрона характер кривой не изменялся (рисунок 2, кривая б). Однако скорость нанесения увеличилась практически на 70 % и при переходе в реактивный режим работы, где скорость нанесения имеет низкие значения и практически не зависит от Γ_{O_2} , происходил при больших концентрациях кислорода (порядка 40 %). Такое поведение, по-видимому, связано с более высокими напряжениями разряда и эффектом «разрядки» оксидной пленки в течение длительности положительного импульса при импульсном распылении.

Анализ полученных результатов позволил сделать следующие выводы:

- при высоковакуумном магнетронном распылении напряжение разряда однозначно зависит от концентрации кислорода как при DC, так и при импульсном питании магнетрона;

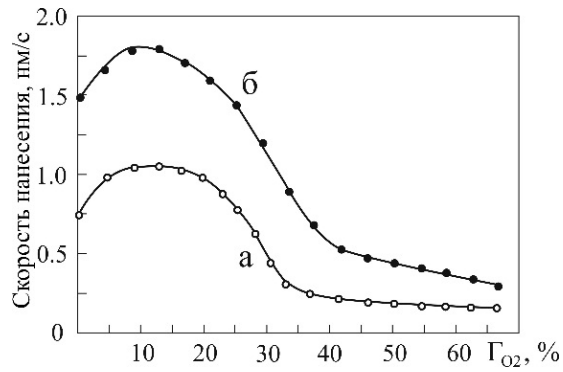


Рис 2. – Зависимость скорости нанесения пленок оксида ванадия от процентного содержания кислорода в Ar/O₂ смеси газов для различных режимов распыления ($I_t = 1,5$ А, $h = 85$ мм) при распылении на постоянном токе (а) и при импульсном распылении (б).

– увеличение частоты и длительности положительного импульса приводит к увеличению напряжения разряда. При магнетронном распылении повышение напряжения разряда при стабилизации тока ведет к увеличению скорости распыления за счет увеличения средней энергии бомбардирующих мишень ионов.

РАЗРАБОТКА УЗЛОВ САМОСБОРКИ НА ОСНОВЕ РАЗЪЁМНЫХ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДЛЯ МОДУЛЬНОЙ МЕХАТРОННОЙ СИСТЕМЫ

студент гр. 10309118 Павлович Ю. Е.

Научный руководитель – ассистент Козлов Ю. В.

Белорусский Национальный Технический Университет

Минск, Беларусь

С развитием модульной мехатроники и робототехники открываются принципиально новые возможности формирования из отдельных полнофункциональных модульных конструктивных единиц пространственных структур, адаптированных к решению множества прикладных задач.

Рассмотрены наиболее интересные варианты модульных конструктивных единиц на сегодняшний день [1-6].

Проект M-Block. Разработка представляет собой модульные, самонастраивающиеся кубические роботы, представленные на рис. 1, с магнитной связью, приводимые в действие моментом инерции.

Проект MecaBot. Разработка представляет собой модульный робот, показанный на рис. 2, разработанный для учебных и исследовательских целей. Модули соединяются друг с другом с помощью магнитного стыковочного устройства.

Проект DRA-MR1. Разработка представляет собой модульный робот, изображённый на рис. 3, имеющего возможность распределения электрических, механических и вычислительных ресурсов между модулями. Робот состоит из трех типов модулей: управляющего модуля PM1, двигательных модулей PM2 и соединительного модуля PM3.

Проект ChainFORM. Разработка представляет собой робот, представленный на рис. 4, способный передвигаться за счёт намагничивания узла; модули вручную собираются в змеевидную структуру.

Проект M-TRAN III. Разработка представляет собой модульный робот, показанный на рис. 5, способный реконфигурировать узлы и оперативно менять их положение в процессе работы в зависимости от текущей задачи.

Проект UBot. Разработка представляет собой самонастраиваемый модульный робот, изображённый на рис. 6, способный выполнять задачи передвижения, самостоятельной реконфигурации и манипуляции.

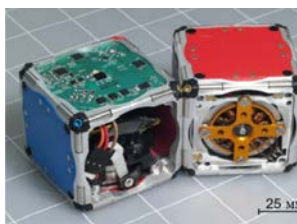


Рис. 1. M-Block



Рис. 2. MecaBot



Рис. 3. DRA-MR1



*Рис. 4.
ChainFORM*



*Рис. 5. M-TRAN
III*

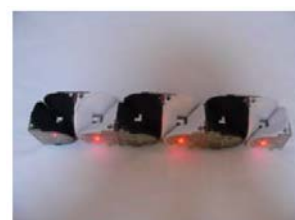


Рис. 6. UBot

Каждая из разработок направлена на решение отдельно взятых проблем модульной робототехники и имеет свои способы соединения и взаимодействия конструктивных единиц. Сравнительные характеристики существующих модульных роботов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение характеристик существующих модульных роботов

Модель	Способ соединения устройств	Функциональность
M-Block	Магнитный	Академический робот
MecaBot	Магнитный	Четыре варианта конфигурации модулей: грань-грань, грань-ось, ось-ось и гексапод
DRA-MR1	Ручной	Распределение ресурсов системы между модулями PM1-PM3
ChainFORM	Ручной	LED-индикация
M-TRAN III	Механический	Сгибание и разгибание устройства
UBot	Механический	Поворотный шарнир

Из таблицы видно, что существующие модульные роботы соединяются друг с другом магнитным либо механическим способом. Однако применение таких способов соединения не является надёжным и безопасным. При магнитном способе соединения пространственная структура может разрушиться, если её обесточить, а при механическом

способе – исключается возможность автономного соединения модульных роботов, которая необходима при дистанционном управлении.

Поэтому, разработка нового надёжного метода автономного соединения и взаимодействия модульных роботов является актуальной задачей, решение которой позволит применять пространственные структуры в сферах промышленности, космоса, медицины, быта для решения более сложных прикладных задач.

Для решения данной задачи предложено разработать узлы самосборки на основе разъёмных резьбовых соединений.

Разработанная структурная схема узлов, представленная на рис.7, состоит из двух частей: электрической и механической части.

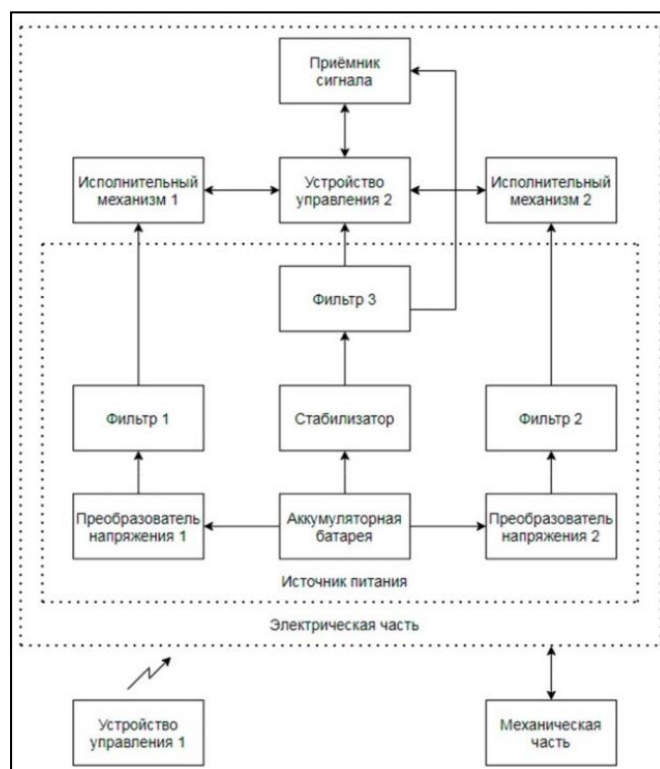


Рис. 7. Структурная схема устройства

Данная схема включает в себя следующие блоки:

- устройство управления 1 (далее, УУ1) – данный блок включает в себя пульт управления, с которого подаются управляющие сигналы на электрическую часть устройства.

Электрическая часть схемы состоит из следующих блоков:

- исполнительный механизм 1 (далее, ИМ1) – данный блок включает в себя электромагниты, благодаря которым узлы притягиваются и центрируются друг относительно друга;

- исполнительный механизм 2 (далее, ИМ2) – данный блок включает в себя электродвигатель, который приводит в движение

механическую часть для непосредственного соединения модульных роботов;

- устройство управления 2 (далее, УУ2) – данный блок включает в себя управляющую плату, от которой подаются управляющие сигналы на ИМ1, ИМ2 и приёмник сигнала;
- приёмник сигнала – данный блок включает в себя приёмопередатчик, служащий для беспроводной передачи данных между УУ1 и УУ2;
- источник питания – данный блок включает в себя аккумуляторные батареи, фильтры, стабилизаторы, благодаря которым возможна подача стабильного тока в другие блоки.

Механическая часть схемы отвечает за процесс физического контакта модульных роботов при их сопряжении с помощью резьбового соединения. Данная часть включает в себя болт, две гайки, четыре линейных подшипника и четыре стальных вала (оси).

Разработана трёхмерная модель узлов самосборки, представленная на рис. 8, спроектированная с помощью программного продукта SolidWorks.

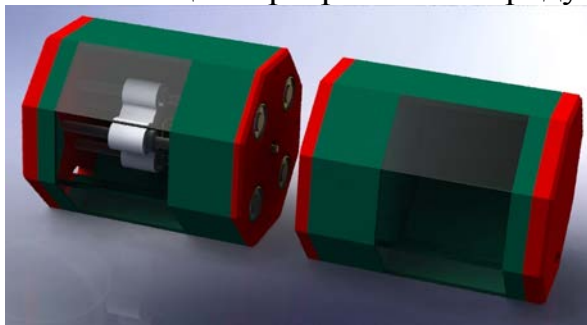


Рис. 8. Трёхмерная модель узлов самосборки

В расчёте напряжённо-деформированного состояния, изображённого на рис. 9, учтены те детали узлов самосборки, на которые прикладываются наибольшие нагрузки.

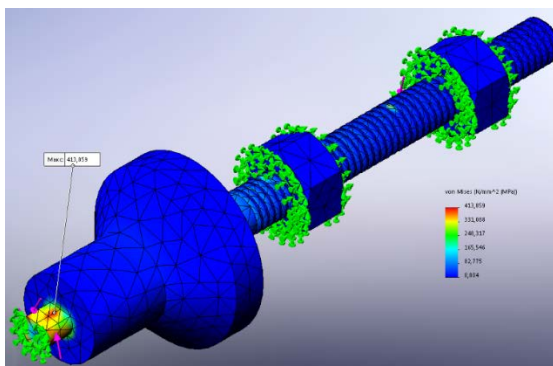


Рис. 9. Расчёт напряжённо-деформированного состояния наиболее нагруженных деталей узлов самосборки

Блок-схема алгоритма работы узлов показана на рис. 10.

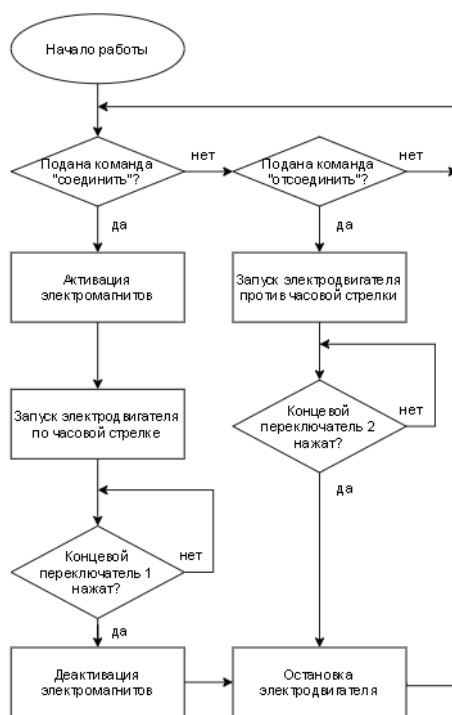


Рис. 10. Блок-схема алгоритма работы узлов самосборки

В работе предложен надёжный метод автономного соединения и взаимодействия модульных роботов на основе разъёмных резьбовых соединений, который позволит применять модульные мехатронные системы в сферах промышленности, космоса, медицины и др. для решения более сложных прикладных задач.

Литература

1. Romanishin, J.W. M-blocks: Momentum-driven, magnetic modular robots / J.W. Romanishin, K. Gilpin, D. Rus // IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems. – Tokyo, Japan, 2013. – Art. no. 6696971. – P. 42884295.
2. Cruz-Carbonell, V. Assembly and implementation of modular quadrupedal architecture Ensamblaje e implementación de arquitectura cuadrúpeda modular / V. Cruz-Carbonell, R.A. Castillo-Estapa // Visión electrónica. – 2019. – Vol. 13. – No. 2. – P. 13. 280–288.
3. da Silva Ferreira, M.A. Drone Reconfigurable Architecture (DRA): a Multipurpose Modular Architecture for Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) / M.A. da Silva Ferreira., M.F.T. Begazo, G.C. Lopes et al. // J. Intell. Robot. Syst. –2020. – Vol. 99. –P. 517–534.

4. Nakagaki K. ChainFORM: A Linear Integrated Modular Hardware System for Shape Changing Interfaces / K. Nakagaki, A. Dementyev, S. Follmer, J.A. Paradiso, H. Ishii // In Proceedings of the 29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology. – ACM, 2016. – P. 87–96.
5. Murata S. M-TRAN: self-reconfigurable modular robotic system / Murata S., Yoshida E., Kamimura A., Kurokawa H., Tomita K., Kokaji S. // IEEE/ASME transactions on mechatronics. – 2002. – Vol. 7. – No. 4. – P. 431–441.
6. Tang, S The UBot modules for self-reconfigurable robot /, S. Tang, Y. Zhu, J. Zhao, X. Cui). // In 2009 ASME/IFTOMM International Conference on Reconfigurable Mechanisms and Robots. – 2009. – P. 529–535.

УДК 621.3.049.77: 621.793

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛЕНОК

аспирант Доан Т. Х.

Научный руководитель – канд. техн. наук Голосов Д. А.

Белорусский государственный университет информатики

и радиоэлектроники

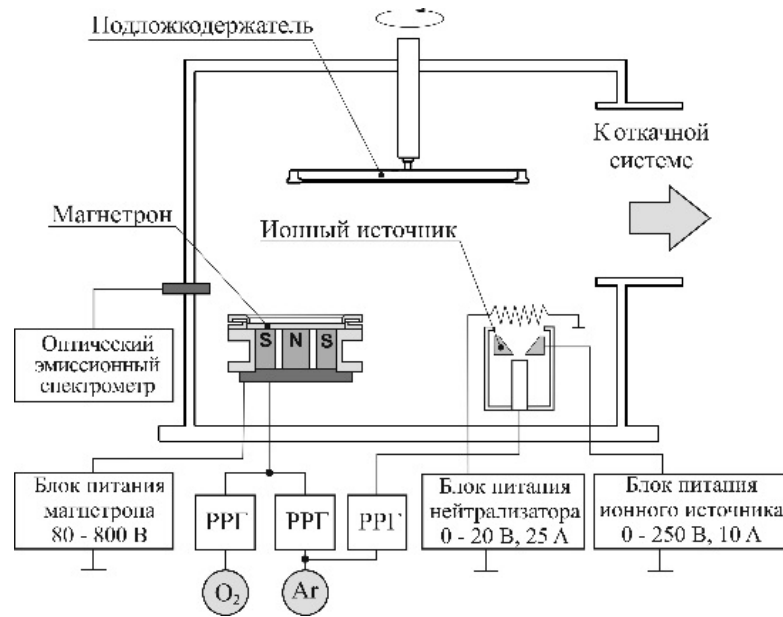
Минск, Беларусь

На протяжении всего развития микроэлектроники в качестве основного диэлектрика интегральных схем использовался оксид кремния SiO_2 . Однако дальнейшее использование SiO_2 имеет ряд ограничений, которые связаны с низкой диэлектрической проницаемостью этого материала ($\varepsilon \approx 3.9$). При переходе на новые технологические нормы геометрические размеры элементов металл – оксид – полупроводник (МОП) уменьшаются. Как результат, при технологических нормах 60 нм толщину подзатворного диэлектрика МОП транзисторов необходимо уменьшать до 1.2 нм [1]. При дальнейшем уменьшении толщины слоя SiO_2 его изоляционные свойства значительно ухудшаются вследствие резкого увеличения туннельных токов утечки. Поэтому, для перехода к меньшим технологическим нормам необходимо использовать материалы с более высокой диэлектрической проницаемостью (так называемые *high-k* диэлектрики), которые позволяют увеличить толщину подзатворного диэлектрика без ухудшения характеристик транзистора [2]. В качестве основных материалов для замены SiO_2 в МОП приборах первоначально рассматривались простые оксиды металлов, такие как оксиды гафния HfO_2 , циркония ZrO_2 , титана TiO_2 , алюминия Al_2O_3 , тантала Ta_2O_5 . Диэлектрическая проницаемость этой группы материалов обычно составляет $\varepsilon = 8 - 50$. Среди этих материалов TiO_2 имеет наибольшие значения диэлектрической проницаемости ($\varepsilon = 30 - 80$). Однако оксид титана имеет малую ширину запрещенной зоны ($E_g = 3.0 - 3.3$ эВ), обладает близким к нулю смещением зоны проводимости по отношению к Si, что приводит к высоким токам утечки. Кроме того, TiO_2 не обладает достаточной термической стабильностью, и кристаллизуется при низких температурах (~ 400 °C), что в свою очередь приводит к увеличению тока утечки по границам зерен. Это значительно ограничивает применимость TiO_2 в качестве подзатворного диэлектрика. С другой стороны, среди *high-k* диэлектриков Al_2O_3 обладает самой большой шириной запрещенной зоны ($E_g = 8.9$ эВ), и большим смещением зоны проводимости по отношению к Si, высокой температурной стабильностью (кристаллизуется при температурах более 900 °C). Главным недостатком оксида алюминия

является сравнительно низкое значение диэлектрической проницаемости ($\epsilon = 7 - 10$). Поэтому в последнее время с целью улучшения электрофизических свойств простых *high-k* диэлектриков стал актуален подход по их комбинированию в виде двойных оксидов [3]. Добавка оксида алюминия к оксиду титана, вероятно, может улучшить многие структурные и диэлектрические свойства пленок TiO_2 , такие как температура кристаллизации, качество пограничного слоя на границе с Si, ширина запрещенной зоны как следствие, уменьшить диэлектрические потери.

Одним из перспективных способов формирования пленок сложных оксидов является реактивное магнетронное распыление составных мишеней, т.е. мишеней, состоящих из матрицы одного металла со вставками других металлов [4]. Метод позволяет получать многокомпонентные пленки с произвольным количеством и содержанием элементов при использовании одного магнетрона. Однако практически отсутствуют публикации, в которых бы анализировались диэлектрические характеристики сложных оксидов, формируемых реактивным магнетронным распылением составных мишеней. Таким образом, целью работы было исследование диэлектрических характеристик пленок оксида титана-алюминия, нанесенных методом реактивного магнетронного распыления составной мишени.

Нанесение пленок оксида титана-алюминия производилось методом импульсного реактивного магнетронного распыления на установке магнетронного нанесения тонких пленок FERO-001 (рис. 1). Установка выполнена на базе вакуумного поста ВУ-1Б. Камера вакуумной установки оборудована магнетронной распылительной системой MAPC.011-80 с мишенью $\varnothing 80$ мм, ионным источником на основе торцевого холловского ускорителя ЕНРМ.100.005 и вращаемым подложкодержателем. Для нанесения пленок состава $Ti_{0.8}Al_{0.2}O_y$ использовалась Ti-Al мишень, которая представляла собой Ti основу (99.5 % чистоты) $\varnothing 80$ мм и толщиной 5 мм в которую на $\varnothing 46$ мм впрессованы четыре цилиндрических Al вставки (99.9 % чистоты) $\varnothing 6$ мм. При этом расчетное соотношение Al/Ti в наносимых пленках должно было составлять 2:8.



РРГ – регулятор расхода газа

Рис 1. Схема установки магнетронного нанесения тонких пленок FERO-001

В ходе экспериментов подложки из монокристаллического кремния Si(100) *n*-типа устанавливались на подложкодержатель на расстоянии 120 мм от поверхности мишени магнетрона. Смещение оси подложкодержателя относительно оси магнетрона составляло 100 мм. Скорость вращения подложки 24,5 об/мин. Камера вакуумной установки откачивалась до давления 10^{-3} Па и производилась ионная очистка подложек. Для этого в ионный источник подавался Ag. Поток аргона составлял 20 мл/мин. Время очистки, напряжение и ток разряда во всех экспериментах были постоянными и составляли $t = 2$ мин, $U_d = 90$ В, $I_d = 6.0$ А, соответственно. Затем производилось нанесение пленок. Распыление Ti-Al мишени осуществлялось в Ar/O₂ смеси газов при содержании кислорода в Ar/O₂ смеси газов (G_{O_2}) от 0 до 46 % и общем расходе газов 60 мл/мин. Во всех экспериментах использовался режим стабилизации тока разряда магнетрона $I_t = 1.5$ А (частота следования импульсов $F = 10$ кГц, скважность 80 %).

Толщина нанесенных пленок определялась на оптическом интерферометрическом профилометре ПОИ-08. Диэлектрические характеристики пленок измерялись на тестовых МОП структурах. Для этого на оксидную пленку методом ионно-лучевого распыления через маску наносился верхний Ni электрод. Емкость, тангенс угла диэлектрических потерь в диапазоне частот от 25 Гц до 1.0 МГц получены с использованием измерителя иммитанса E7-20. Значения диэлектрической проницаемости рассчитывались исходя из толщины слоя диэлектрика и емкости конденсаторной структуры. Ширина запрещенной зоны пленок

определялась по краю собственного оптического поглощения. Для этого пленки наносились на подложки из оптического кварца. Спектры пропускания в диапазоне 200 – 900 нм получены с помощью спектрофотометра Проскан МС-121.

Проведены исследования влияния параметров процесса реактивного магнетронного распыления на диэлектрические характеристики (диэлектрическую проницаемость ϵ , тангенс угла диэлектрических потерь $tg\varphi$, ширину запрещенной зоны E_g) пленок $Ti_{0.8}Al_{0.2}O_y$. На рис. 2 представлены зависимости диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь пленок от концентрации кислорода в Ar/O₂ смеси газов.

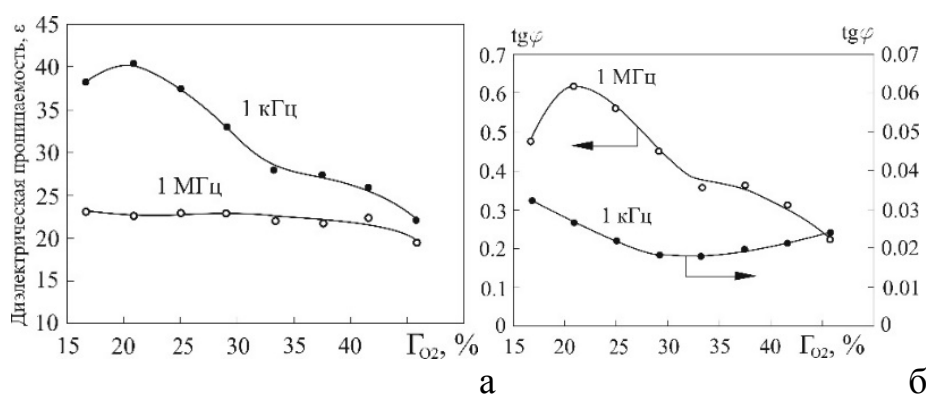


Рис 2. Зависимость диэлектрической проницаемости (а) и тангенса угла диэлектрических потерь (б) пленок $Ti_{0.8}Al_{0.2}O_y$ от концентрации кислорода в Ar/O₂ смеси газов

Анализ частотных зависимостей диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь показал, что ϵ и $tg\varphi$ пленок $Ti_{0.8}Al_{0.2}O_y$ имеют сильную зависимость от частоты. При увеличении частоты от 25 Гц до 1.0 МГц ϵ монотонно снижалась, а $tg\varphi$ увеличивался. Снижение ϵ составляло до двух раз, и особенно было выражено для образцов, нанесенных при низкой концентрации кислорода и имеющих высокие значения диэлектрических потерь на высоких частотах. Наблюдаемое в экспериментах монотонное уменьшение диэлектрической проницаемости и увеличение потерь свидетельствует о релаксационной дисперсии в диэлектрике [5]. При увеличении Γ_{O_2} отмечалось снижение диэлектрической проницаемости на низких частотах, и уменьшение $tg\varphi$ на высоких частотах, что приводило к уменьшению дисперсии частотных характеристик.

На рис. 3 представлена зависимость E_g от концентрации кислорода в Ar/O₂ смеси газов. Как видно из рисунка при изменении Γ_{O_2} ширина запрещенной зоны изменялась в небольших пределах, от 3.87 до 3.94 эВ.

Это превышает значения E_g кристаллических фаз TiO_2 (E_g для анатаза составляет 3.18 эВ, брукита – 3.27 эВ, рутила – 3.03 эВ) [6].

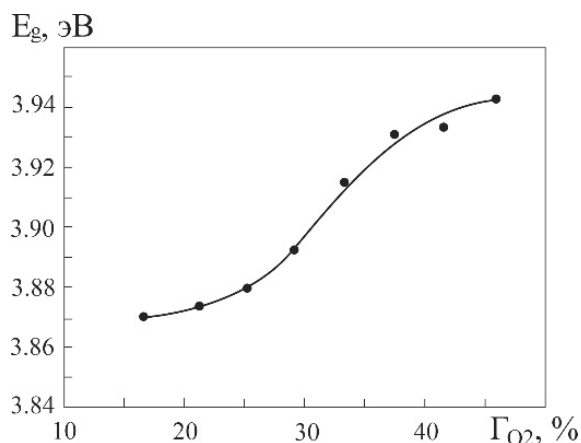


Рис 3. Зависимость ширины запрещенной зоны пленок $\text{Ti}_{0.8}\text{Al}_{0.2}\text{O}_y$ от концентрации кислорода в Ar/O_2 смеси газов

Анализ полученных результатов показывает, что при распылении составной Ti-Al мишени могут быть получены пленки оксида титана-алюминия с ε от 20 до 40, $\text{tg}\varphi$ около 0.02 на частоте 1 кГц и $E_g = 3.87 - 3.94$ эВ. Сравнение диэлектрических характеристик пленок $\text{Ti}_{0.8}\text{Al}_{0.2}\text{O}_y$ с пленками TiO_y , нанесенными методом реактивного магнетронного распыления [7] показывает, что добавка Al приводит к снижению значений диэлектрической проницаемости, однако ε меньше зависит от Γ_{O_2} (для пленок TiO_y ε изменялась от 12 до 85). Также легирование Al приводит к небольшому увеличению E_g . Так ширина запрещенной зоны пленок TiO_y составляла 3.7 – 3.82 эВ [7]. Тангенс угла диэлектрических потерь практически не изменяется.

Литература

1. Hall, S. Review and perspective of high-k dielectrics on silicon / S. Hall, O. Buiu, I.Z. Mitrovic, Y. Lu, W.M. Davey // J. of Telecommunications and Information Technology. – 2007. – Vol. 2. – p. 33-43.
2. Robertson, J., High-K materials and metal gates for CMOS applications / J. Robertson, R.M. Wallace // Materials Science and Engineering R. – 2015. – Vol. 88. – p. 1–41.
3. Kim, Y.S. Nanolaminated Al_2O_3 – TiO_2 thin films grown by atomic layer deposition / Kim Y.S., Yun S.J. // J. Cryst. Growth. – 2005. – Vol. 274. – P. 3–4.
4. Nakano, J. Thermal conductivity of yttria-stabilized zirconia thin films prepared by magnetron sputtering / J. Nakano, H. Miyazaki, T. Kimura, T. Goto, S. Zhang // J. Ceram. Soc. of Jap. – 2004. – Vol. 112. – p. S908-S911.

5. Пасынков, В.В. Материалы электронной техники / В.В. Пасынков, В.С. Сорокин. – М.: Высшая школа. 1986. – 368 с.

6. Li, J.-G. Anatase, brookite, and rutile nanocrystals via redox reactions under mild hydrothermal conditions: phase-selective synthesis and physicochemical properties / J.-G. Li, T. Ishigaki, X. Sun // J. Phys. Chem. C. – 2007. – Vol. 111. – P. 4969–4976.

7. Вилья, Н. Формирование пленок оксида титана методом реактивного магнетронного распыления / Н. Вилья, Д.А. Голосов, Т.Д. Нгуен // Доклады БГУИР. – 2019. № 5 (123). С. 87–93.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СЕНСОРНО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА НА ОСНОВЕ ARDUINO UNO И LABVIEW

студентка гр. 10306119 Жолуд Е. И.

Научный руководитель – Польшкова Е. В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Введение

Современный мир не обходится уже без роботов. Они применяются на разных работах и в повседневной жизни дома. Современные роботы оснащены большим количеством сенсоров, которые делают данные роботы интеллектуальными. Поэтому я бы хотела разработать систему, чтобы робот мог достаточно точно и быстро определять расстояния до предметов, чтобы избежать столкновений с препятствиями и своевременно обходить их.

Моя работа заключалась в создании макета электронного устройства определяющего расстояние с использованием ультразвукового датчика расстояния HC-SR04, в качестве индикатора использовался RGB-светодиод, который показывал расстояние цветом и сервопривода TowerPro SG90. Управление данными устройствами осуществлялось микроконтроллером ATmega328, расположенном на плате Arduino Uno. Программа управления всеми устройствами была написана в программном продукте LabVIEW компании National Instruments с помощью библиотеки LINX. На рисунке 1 представлены компоненты автоматической сенсорно-управляющей системы.

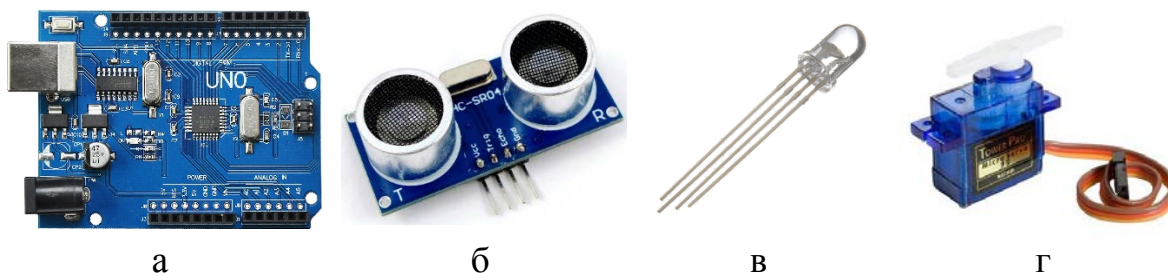


Рисунок 1 – Компоненты автоматической сенсорно-управляющей системы: Arduino Uno (а), ультразвуковой датчик расстояния HC-SR04 (б), RGB-светодиод (в), сервопривод TowerPro SG90 (г)

Выделю основные задачи, которые должна решать система:

1. Определять критическое расстояние до препятствия.
2. Поворот сервопривода на 90° в сторону где отсутствует препятствие.

3. Контроль разных значений расстояния осуществляется цветами RGB-светодиода: до 10 см цвет свечения будет красный, от 10 см до 50 см – зеленый и от 50 см до 100 см – фиолетовый.

Подключение акустического датчика, RGB-светодиода и сервопривода осуществляла проводами к плате Arduino Uno через цифровые входы/выходы. Чтобы все датчики и Arduino получали питание для начала необходимо подключить Arduino через USB-порт к компьютеру (ноутбуку). Далее подключается ультразвуковой датчик: выход Vcc – подключается к 5 Вольт, выход Trig – на выход 12, а Echo – на 11, Gnd – подключается к земле. Далее подключается RGB-светодиод. Поскольку он с общим катодом, то катод подключается к земле. Подключение RGB-светодиода к 5 вольт осуществляется с использованием токоограничивающих резисторов, которые были рассчитаны и составляют в моем макете 220 Ом. Три контакта обозначающие цвет кристалла подключаются через резисторы 220 Ом к выводам: красный к 3, зеленый к 5, а синий к 6 выходам. Сервопривод подключается следующим образом: коричневый провод к земле, красный – к питанию 5 Вольт, провод оранжевого цвета к 10 выходу. На рисунке 2 представлена схема подключения всех компонентов автоматической сенсорно-управляющей системы.

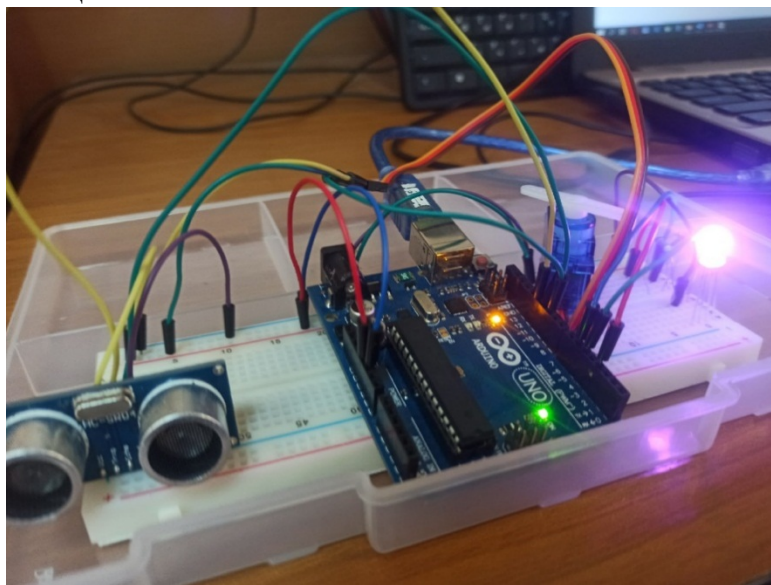


Рисунок 2 - Рабочий макет, с подключенными компонентами автоматической сенсорно-управляющей системы

Ультразвуковой дальномер модуль HC-SR04 для Arduino— это помещенные на одну плату приемник и передатчик ультразвукового сигнала. Принцип действия HC-SR04 основан на явлении эхолокации. Излучатель формирует акустический сигнал, который отразившись от преграды, возвращается к датчику и регистрируется приемником. Зная скорость распространения ультразвука в воздухе и время запаздывания

между излученным и принятым сигналом, легко рассчитать расстояние до акустической преграды. На ультразвуковой датчик HC-SR04 не влияют источники света или цвет препятствия. Данный датчик хорошо согласуется с Arduino Uno. Максимальное расстояние, которое может измерять датчик 4 метра, но я использовала несколько диапазонов: предельный – 10 см, от 10 до 50 см и от 50 до метра.

В качестве индикатора, который показывает то или иное расстояние я использовала RGB-светодиод. Данный светодиод может выдать весь спектр цветов.

Управляется RGB-светодиод приложением прямого напряжения анод+ катод–.

Исполнительным устройством в моей системе стал сервопривод TowerPro SG90, он также совместим с платой Arduino.

Сервопривод обладает тремя контактами, которые окрашены в разные цвета. Коричневый провод ведет к земле, красный – к питанию +5В, провод оранжевого цвета – сигнальный. К Ардуино устройство подключается через макетную указанным на рисунке образом.

В качестве программного обеспечения управления автоматической сенсорной системы я использовала библиотеку LINX программной среды LabVIEW. В этом программном продукте используется графический язык программирования G. Особенности LINX в том, что он имеет достаточно большую библиотеку сенсорных систем и исполнительных устройств (рисунок 3).

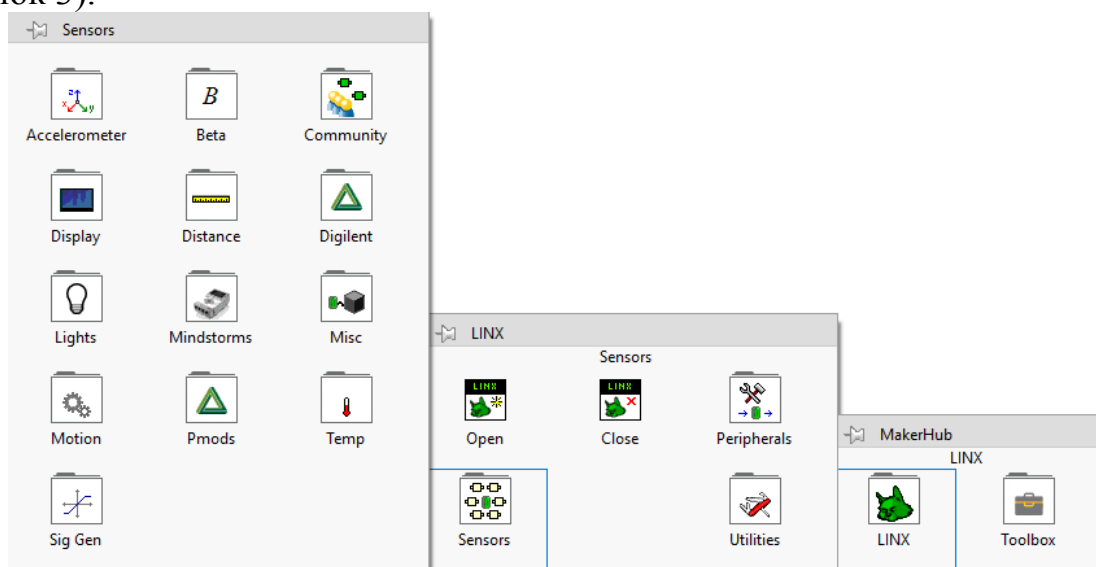


Рисунок 3 – Окна библиотеки LINX

Программное обеспечение LabVIEW состоит из двух окон: лицевой панели и блок-диаграммы. Лицевая панель позволяет оформить внешний вид виртуального прибора (ВП). Лицевая панель моей программы показана на рисунке 4.

На индикаторе дистанция отображается расстояние в см, которое измерил датчик, на панели RGB-светодиод каналы, вручную задаются выходы, к которым подключаются выводы RGB-светодиода. На панели ультразвуковой датчик каналы показываются его выходы. И сервопривод канал показывает к какому выводу подключен сервопривод. Ставится вручную для удобства. При желании выходы можно изменить. Кнопка стоп останавливает программу.



Рисунок 4 – Лицевая панель ВП

На блок-диаграмме формируется схема самой программы в виде различных функций, циклов, структур и соединительных элементов. Блок-диаграмма представлена на рисунке 5.

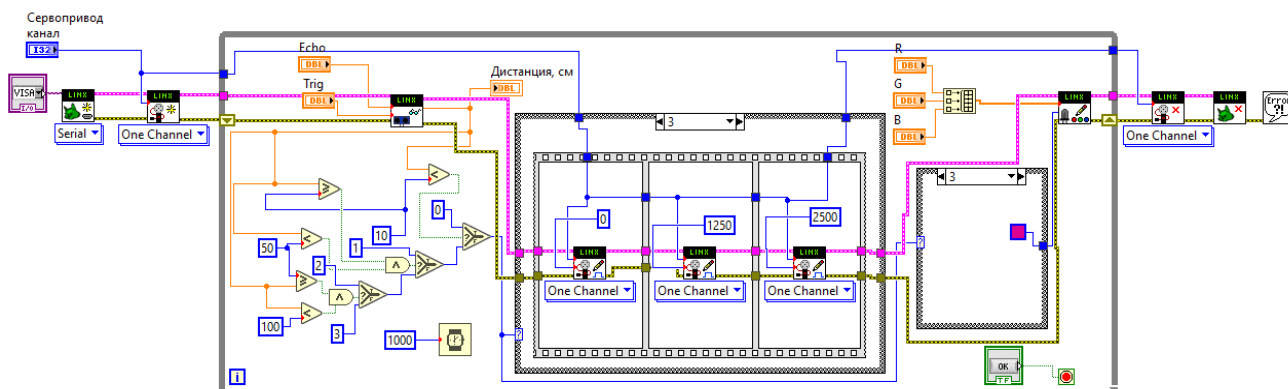


Рисунок 5 – Блок-диаграмма ВП

ДВИЖИТЕЛЬ МЕХАТРОННОГО УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВСЕНАПРАВЛЕННЫХ КОЛЁС

студент гр. 10309118 Игнатюк Н. С.
Белорусский Национальный Технический Университет
Минск, Беларусь

Введение

Колесо Илона или, как его ещё иногда называют, Шведское колесо — роликонесущее колесо, позволяющее роботу двигаться в любом направлении. Своё название оно получило от шведского изобретателя Бенгта Илона, разработавшего его. Идея создать такое колесо пришла к нему в 1973 году, когда он работал инженером в шведской компании «Mecanum AB».

Конструкция представляет собой колесо, на котором смонтировано несколько роликов, установленных на протяжении всей окружности колеса. Угол вращения роликов составляет 45° между ними и осью колеса.

Основной целью пары данных колёс можно считать следующее: путём изменения направления и скорости вращения отдельных колёс можно заставить машину на илоновых колёсах двигаться в любом направлении — не только вперёд-назад, но и вправо-влево, и по диагонали, и даже по любой дуге, вплоть до вращения машины вокруг собственной оси. При этом трения скольжения между роликами и опорной поверхностью практически не будет.

Из вышенаписанного можно сделать вывод, что мобильные роботы и транспортные средства на колёсах Илона могут совершать различные манёвры, которые не могут делать машины на обычном шасси.

Благодаря своей манёвренности данный тип колёса нашёл широкое применение в изготовлении погрузчиков, который, в большинстве случаев, перемещаются в ограниченном пространстве. Так в 1980-х годах ВМС США заинтересовались проектом и выкупили патент у Илона. В военно-морских силах аппараты, оснащённые такими колёсами, применялись для передвижения имущества на кораблях. В 1997 году компания «Airtrax Incorporated» и несколько других компаний каждая заплатили ВМС США 2500 долларов для того, чтобы приобрести права на технологию, включая старые чертежи, описывавшие принцип работы контроллеров и моторов. На основе приобретённого материала они рассчитывали создать вилочный погрузчик. Такого рода транспорт уже находится в производстве. [1]

Основные проблемы, которые можно решить с помощью всенаправленных колёс:

- 1) Сложность перемещения в малых пространствах.

- 2) Сложность рационального перемещения грузов на производстве.
- 3) Высокая себестоимость видеосъёмки.

1. Обзор аналогов

Рассмотрим мобильные комплексы, которые используют движители на основе использования всенаправленных колёс.

Одной из самых необычных и заметных разработок компании Maximal Forklift Co. стал погрузчик, который может двигаться в 4-х направлениях не изменяя положения корпуса (Omni-directional). Этот погрузчик стал результатом совместной работы Maximal Forklift Co. и Академии Бронетанковых войск Китая. Вместе они спроектировали, запатентовали и пустили в серию погрузчик Arm-maximal (рисунок 1).



Рис. 1 – Погрузчик Arm-maximal

Данный погрузчик характерен тем, что может выполнять работу, которая не под силу ни одному другому. Высокая скорость, возможность двигаться в любом направлении без разворота, делает этот погрузчик незаменимым в местах с ограниченным пространством для маневра. Легкость и комфорт управления обеспечиваются двумя джойстиком, на удобных подлокотниках по обе стороны от рабочего места оператора. Высокая маневренность достигается при помощи четырех электродвигателей, по одному на каждое колесо, объединенных единой системой управления позволяющей обеспечить безопасность работы за счет уверенного маневрирования. Необычные колеса также играют свою роль, благодаря роликам вместо стандартных шин, погрузчик Arm-maximal может осуществлять движение по самым замысловатым траекториям. [2]

Компания FUJI SEISAKUSHO CO., LTD. заново изобрела колесо и сделала это настолько хорошо, что удостоилась награды GOOD DESIGN Award 2020. Её инновационный продукт — это всенаправленное колесо Ninja Wheel (рисунок 2), которое оснащено собственным электроприводом и способно перемещаться во всех направлениях. Использование подобной конструкции колёс позволяет автоматическим грузовым платформам на

складских предприятиях и логистических центрах перемещаться с такой свободой и точностью, какие невозможны с обычными колёсами.



Рис. 2 – Колёса Ninja Wheel

Перед лицом глобальной нехватки рабочей силы, колесо FUJI Ninja Wheel может оказаться в истоках следующей волны транспортной революции. Всенаправленное ведущее колесо от FUJI идеально подходит для грузовых платформ и самоходных роботов (рисунок 3), сочетая в себе функциональность и потенциал для масштабирования в привлекательном эстетическом дизайне. [3]

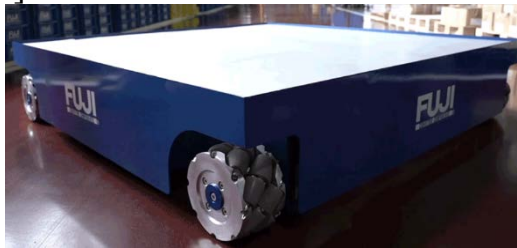


Рис. 3 – Грузовая платформа на колесах Ninja Wheel

На NAB Show 2018 компания GimbalGuru анонсировала гаджет Guru 360 Rover (рисунок 4) – дистанционно управляемую тележку для простых и 360-градусных камер весом до 9 кг, которая умеет мгновенно изменять направление своего движения, в том числе двигаться поперечно предыдущему направлению, благодаря всенаправленным колёсам.



Рис. 4 – Гаджет Guru 360 Rover

Благодаря всенаправленным колёсам тележка Guru 360 Rover обеспечивает высокоточное плавное перемещение камеры по площадке без необходимости использования специальных направляющих дорожек, что заметно снижает себестоимость профессиональной видеосъемки. Кроме

того, для 360-градусной съемки присутствует еще одно важное преимущество – в зоне надира нет постоянно поворачивающихся колес, движение которых существенно снижает качество картинки и усложняет процесс сшивки. [4]

Компания DJI анонсировала выпуск радиоуправляемого робота DJI Robomaster S1 (рисунок 5), оснащенного уникальной системой колес для всенаправленного движения, стабилизированным карданом для монтажа камеры и программируемым модулем управления. С таким арсеналом гаджет может стать отличным вспомогательным инструментом как для 360-градусных, так и для традиционных камер.



Рис. 5 – Робот DJI Robomaster S1

DJI Robomaster S1 – это радиоуправляемый робот. В отличие от популярных дронов от DJI, изначально он был разработан не для видеосъемки, а как образовательная игрушка для подростков. Тем не менее, его уникальная колесная система может сделать его очень полезным устройством для видеооператоров.

Сам по себе DJI Robomaster S1 является модульным гаджетом и может программироваться с помощью Scratch 3.0 или Python. Кроме того, уже в базе робот умеет отслеживать визуальные маркеры на полу для автоматического удержания траектории движения, а его башня работает как стабилизированный кардан, на котором можно установить камеру.

Но все же главная особенность Robomaster S1 – это его всенаправленные колеса. Он может двигаться в любом направлении – вперед, назад, вбок или по диагонали, практически мгновенно меняя траекторию движения по сигналу оператора. [5]

Из вышенаписанного можно сделать вывод, что данные колёса получили широкое применение в погрузчиках из-за способности перемещения в различных направлениях. Ещё одним применением оказалось – видеосъёмка.

2. Схема электрическая структурная

Схема электрическая структурная представлена на рисунке 6 и состоит из 5 блоков: «Питание», «Устройство управления»,

«Микроконтроллер», «Драйвер двигателей» и «Исполнительный механизм».



Рис. 6 – Схема электрическая структурная

Блок «Питание» отвечает за преобразование входного напряжения и распределение его между потребителями: «Микроконтроллер» и «Драйвер двигателей».

Блок «Устройство управления» представляет из себя устройство управления или программу, для управления направлением движения мобильного мехатронного устройства на всенаправленных колёсах.

Блок «Микроконтроллер» отвечает за обработку сигналов поступающих от устройства управления и передачу сигналов исполнительным механизмам.

Блок «Драйвер двигателей» отвечает за приём сигналов от микроконтроллера и за управление скоростью вращения отдельных друг от друга двигателей.

Блок «Исполнительный механизм» представляет из себя двигатель в сборке со всенаправленным колесом и только принимает сигнал от блока «Драйвер двигателей».

3. Подбор компонентов

Для вращения всенаправленными колёсами будем использовать шаговые двигатели. Выберем шаговый двигатель Nema 17HS4401 (рисунок 7) из-за достаточно большого крутящего момента и большого количества легко-программируемых драйверов, которые мы рассмотрим дальше.



Рис. 7 – Шаговый двигатель Nema 17HS4401

Для управления моторами используются драйверы двигателей. Они делятся между собой в зависимости от того, каким типом моторов они управляют: коллекторными или шаговыми. Поскольку мы выбрали шаговый двигатель Nema 17HS4401, то будем рассматривать драйверы именно для него. Выберем DRV8825 Stepper driver (рисунок 8) из-за широкого диапазона напряжения питания двигателя.

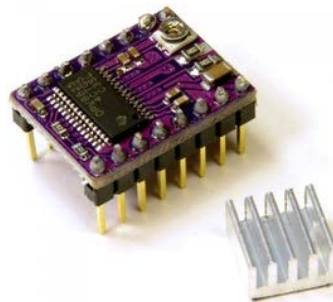


Рис. 8 – Драйвер двигателя DRV8825 Stepper driver

Для взаимодействия между всеми компонентами мобильного комплекса можно использовать уже готовые отладочные платы.

Из отладочных плат выбираем Arduino UNO R3 SMD CH340 (рисунок 9) из-за своей стоимости, достаточного количества цифровых входов/выводов и достаточного количества аналоговых входов.

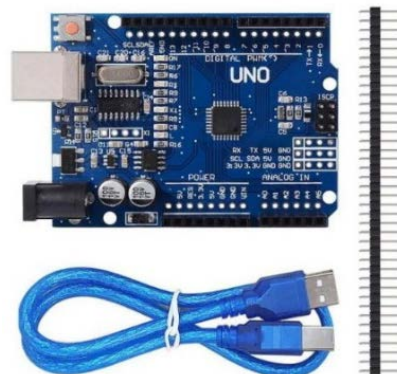


Рис. 9 – Отладочная плата Arduino UNO R3 SMD CH340

Для связи управляющего устройства и самого мобильного комплекса с двигателями на всенаправленных колёсах будем использовать модули связи. Выбираем Модуль Bluetooth HC-05 из-за режима работы «Приём-Передача» (рисунок 10).



Рис. 10 – Модуль Bluetooth HC-05

В качестве источника питания будем использовать литий-полимерный аккумулятор Onbo 1000 mAh 3S (20C) (рисунок 11) по причине незначительного перепада напряжения во время разрядки и большой емкости, нужного напряжения в 11.1В, достаточного тока. Габаритные размеры 16x20x100 мм.



Рис. 11 – Аккумулятор Onbo 1000 mAh 3S (20C)

4. Разработка 3D модели

Спроектируем мобильный робот, который состоит из четырёх всенаправленных колёс, соединённых с шаговыми двигателями, и корпуса. Всенаправленные колеса будут делиться на правые и на левые, которые отличаются направлением роликов.

Корпус требуется спроектировать таким образом, чтобы оси роликов на всенаправленных колёсах сходились в центре корпуса. Это требуется для того, чтобы при повороте мобильный комплекс не уходила в сторону из-за смещённого центра тяжести. Также требуется обеспечить достаточно внутреннего места для установки шаговых двигателей, аккумулятора и платы. [6][7]

Спроектируем корпус для всенаправленных колёс. Габаритные размеры: диаметр – 100мм, ширина – 50мм. Соберём правое и левое всенаправленное колесо. Трёхмерные модели данных колёс представлены на рисунках 12 и 13 соответственно.

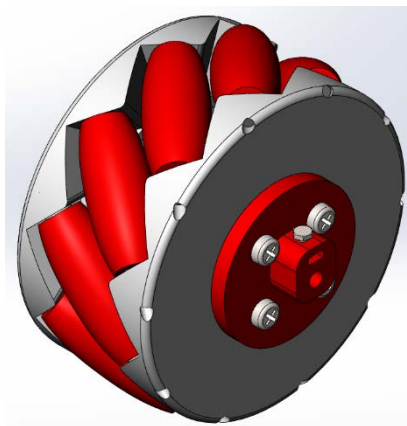


Рис. 12 – Трёхмерная модель правого всенаправленного колеса

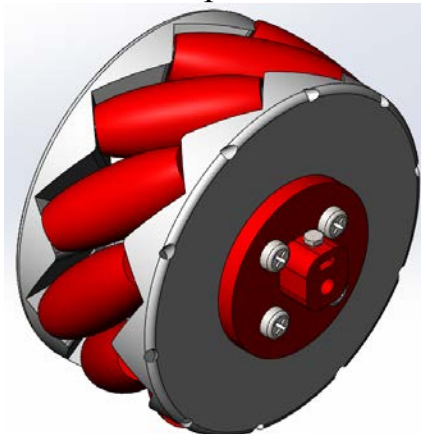


Рис. 13 – Трёхмерная модель левого всенаправленного колеса

В соответствии с требованиями представленными выше спроектируем корпус мобильного комплекса. Габаритные размеры корпуса 116x260x96 мм, толщина стенок 8мм. Соберём корпус мобильного комплекса. Трёхмерная модель корпуса представлена на рисунке 14.

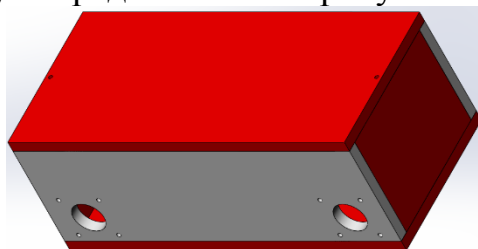


Рис. 14 – Трёхмерная модель корпуса

Стандартные изделия будем брать из библиотеки Toolbox; трёхмерную модель шагового двигателя Nema 17HS4401 (рисунок 15) возьмём готовую.

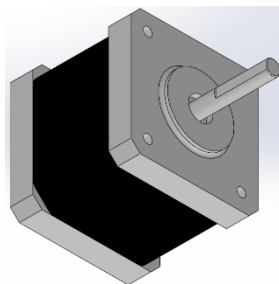


Рис. 15 – Шагового двигателя Nema 17HS4401

Соберём мобильный комплекс. Трёхмерная модель мобильного робота представлена на рисунке 16 (для наглядности была изменена прозрачность крышки (верха)).

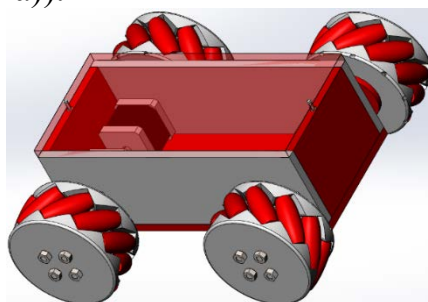


Рис. 16 – Трёхмерная модель мобильного робота

Проведём расчёт НДС одного из всенаправленных колёс в сборе с шаговым двигателем. На рисунке 17 представлены напряжения, на рисунке 18 – перемещения, на рисунке 19 – деформация.

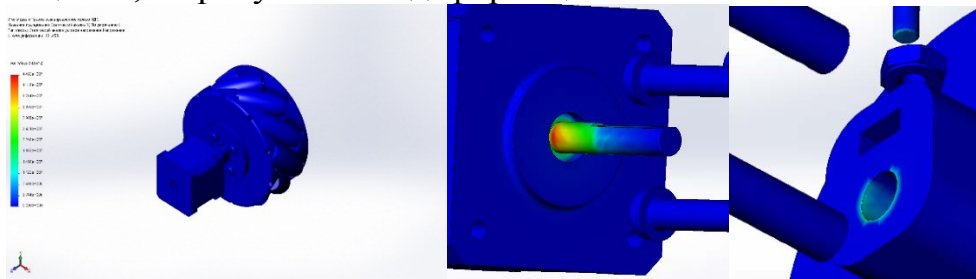


Рис. 17 – Напряжение

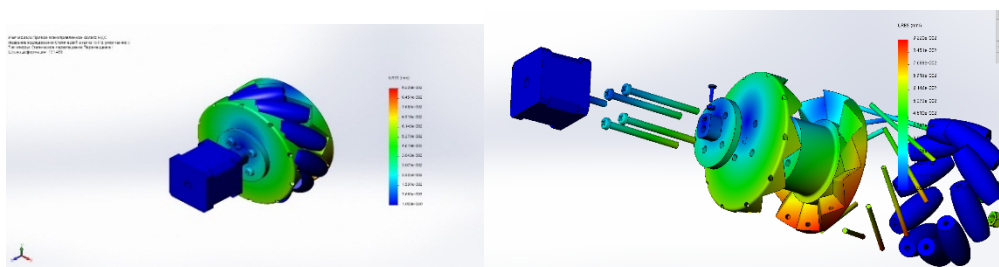


Рис. 18 – Перемещение

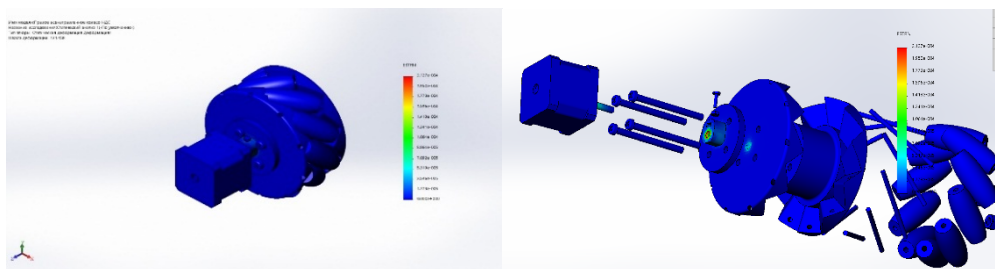


Рис. 19 – Деформация

Максимальное значение напряжения составляет 44.93 МПа и пришлось на вал шагового двигателя. Максимальное напряжение в области крепления шагового двигателя и муфты находится в районе 15 МПа - 22 МПа, что меньше предела текучести материала компонентов всенаправленного колеса: средний предел текучести 50 МПа для пластика РВТ, 245 МПа для болтов сталь 20. Данные значения дают основания полагать, что компоненты данного колеса смогут выдержать максимальный крутящий момент шагового двигателя Nema 17HS4401 в 0.4 Н*м.

Максимальное напряжение – 44.93 МПа.

Максимальное перемещение – 0.0922 мм.

Максимальная деформация – 0.02127 %.

По сделанному выводу можно предоставить несколько рекомендаций:

1. Использование другого материала для компонентов всенаправленного колеса (за исключением стандартных изделий): пластик PLA, который является более прочным, предел текучести которого составляет 60 МПа, по сравнению с пластиком РВТ.

2. Вместо использования муфты с зажимным болтом можно использовать иные: гибкие или прорезные муфты.

б. Схема электрическая принципиальная

Схема электрическая принципиальная представлена на рисунке 20.

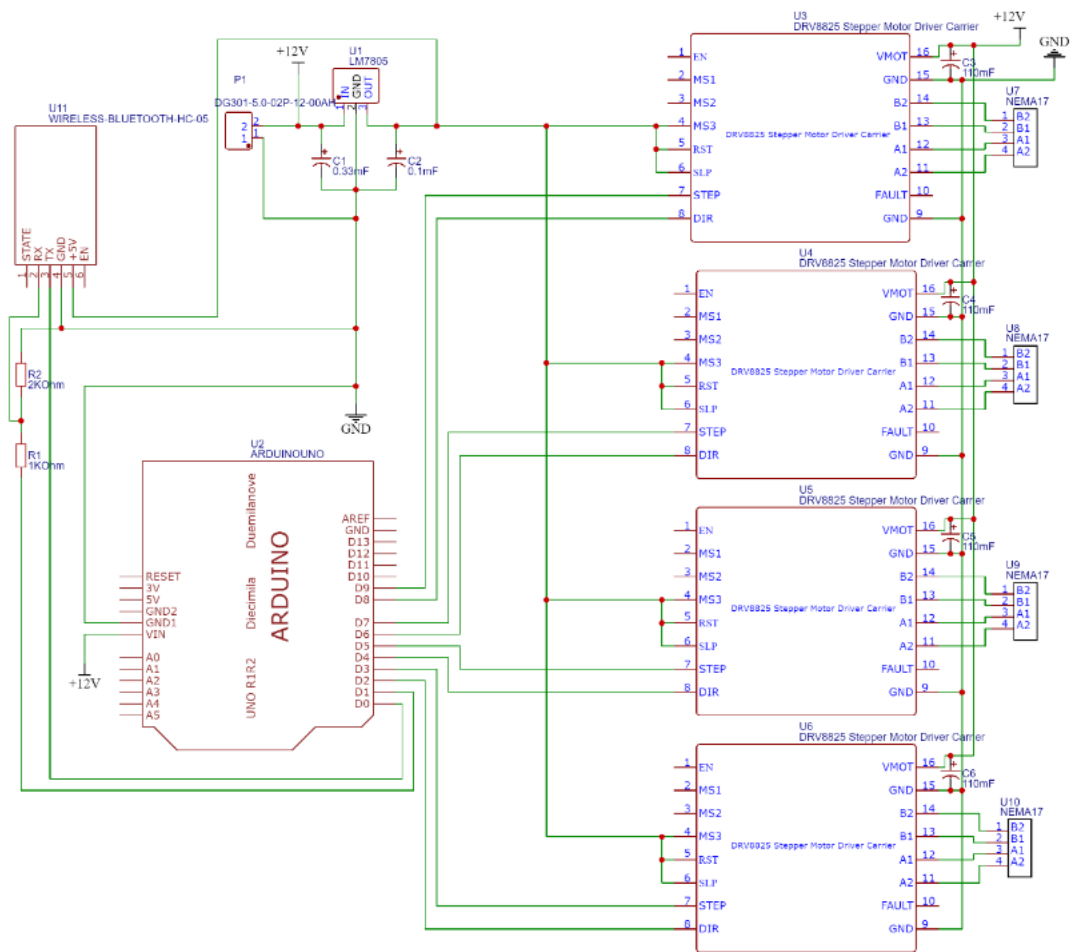


Рис. 20 – Схема электрическая принципиальная

Через зажимную рейку P1 (DG301-5.0-02P-12-00A(H)) подаём напряжение 11.1 В от аккумулятора на плату.

GND на шаговых драйверах двигателей U3, U4, U5 и U6, GND на Bluetooth-модуле U11, GND, GND1 и GND2 на отладочной плате U2 соединяем с землёй.

Напряжение от батареи в 11.1 В идёт на питание шаговых двигателей через драйверы двигателей и для питания отладочной платы. Для этого соединяем питание от батареи с драйверами двигателей U3, U4, U5 и U6 через вход VMOT, перед этим устанавливаем конденсаторы C3, C4, C5 и C6 на 110 мF, и с пином VIN отладочной платы U2.

Для передачи сигнала от драйвера двигателей Выходы A2, A1, B2 и B1 на шаговых драйверах двигателей соединяем с одноименными входами на шаговых двигателях U7, U8, U9 и U10 соответственно.

Для управления направлением и скорости вращения пины STEP и DIR на шаговых драйверах двигателей U3, U4, U5 и U6 соединяем с пинами отладочной платы для микроконтроллера ATmega328p D9 и D8, D7 и D6, D5 и D4, D3 и D2 соответственно.

«Начало работы программы» Подаётся напряжение питания на микроконтроллер, и программа начинает свою работу.

«Приём сигнала от устройства управления» микроконтроллер начинает считывать входящие сигналы с помощью Bluetooth модуля.

«Пришёл сигнал от устройства управления?» В том случае, если на Bluetooth модуль не поступил сигнал – микроконтроллер продолжает считывать поступающие сигналы. В случае, если поступил сигнал, то по сигналу определяется дальнейшее действие программы.

«Движение вперёд?» В случае, если сигнал пришёл на движение вперёд, то микроконтроллер поддаёт сигнал на драйверы двигателей, чтобы все 4 мотора крутились вперёд, параллельно с этим проверяет сигнал. В противном случае – программа работает дальше.

«Движение назад?» В случае, если сигнал пришёл на движение назад, то микроконтроллер поддаёт сигнал на драйверы двигателей, чтобы все 4 мотора крутились назад, параллельно с этим проверяет сигнал. В противном случае – программа работает дальше.

«Движение влево?» В случае, если сигнал пришёл на движение влево, то микроконтроллер поддаёт сигнал на драйверы двигателей, чтобы правый верхний и левый нижний моторчики крутились вперёд, а правый нижний и левый верхний – назад, параллельно с этим проверяет сигнал. В противном случае – программа работает дальше.

«Движение вправо?» В случае, если сигнал пришёл на движение вправо, то микроконтроллер поддаёт сигнал на драйверы двигателей, чтобы правый верхний и левый нижний моторчики крутились назад, а правый нижний и левый верхний – вперёд, параллельно с этим проверяет сигнал. В противном случае – программа работает дальше.

«Движение влево вперёд?» В случае, если сигнал пришёл на движение влево вверх, то микроконтроллер поддаёт сигнал на драйверы двигателей, чтобы правый верхний и левый нижний моторчики крутились вперёд, параллельно с этим проверяет сигнал. В противном случае – программа работает дальше.

«Движение влево назад?» В случае, если сигнал пришёл на движение влево вниз, то микроконтроллер поддаёт сигнал на драйверы двигателей, чтобы правый нижний и левый верхний моторчики крутились назад, параллельно с этим проверяет сигнал. В противном случае – программа работает дальше.

«Движение вправо вперёд?» В случае, если сигнал пришёл на движение вправо вверх, то микроконтроллер поддаёт сигнал на драйверы двигателей, чтобы правый нижний и левый верхний моторчики крутились вперёд, параллельно с этим проверяет сигнал. В противном случае – программа работает дальше.

«Движение вправо назад?» В случае, если сигнал пришёл на движение вправо вниз, то микроконтроллер поддаёт сигнал на драйверы двигателей, чтобы правый верхний и левый нижний моторчики крутятся назад, параллельно с этим проверяет сигнал. В противном случае – программа работает дальше.

«Движение по часовой?» В случае, если сигнал пришёл на движение по часовой, то микроконтроллер поддаёт сигнал на драйверы двигателей, чтобы левые колёса крутились вперёд, а правый – назад, параллельно с этим проверяет сигнал. В противном случае – программа работает дальше.

«Движение против часовой?» В случае, если сигнал пришёл на движение против часовой, то микроконтроллер поддаёт сигнал на драйверы двигателей, чтобы правые колёса крутились вперёд, а левые - назад, параллельно с этим проверяет сигнал. В противном случае – программа работает дальше.

Заключение

Таким образом можно говорить о том, что всенаправленные колёса могут быть использованы для более рационального и удобного перемещения погрузчиков, также они могут использоваться для перемещения видеокамеры и для «перенастройки» производства.

Также можно сказать, что для создания собственной мобильной платформы на всенаправленных колёсах не требуется весьма больших усилий.

Литература

- 1) Всенаправленное колесо [Электронный ресурс]. Ссылка на ресурс: <https://allardengineering.com/omniwheel.html>
- 2) Всенаправленный погрузчик ARM-Maximal [Электронный ресурс]. Ссылка на ресурс: <http://rstock.by/product/vsenapravlennyi-pogruzchik>
- 3) Компания FUJI изобрела всенаправленное колесо Ninja Wheel [Электронный ресурс]. Ссылка на ресурс: <https://bigbucks.com.ua/other-publications/kompaniya-fuji-izobrela-vsenapravlennoe-koleso-ninja-wheel/>
- 4) Guru 360 Rover – умная кинотележка со всенаправленными колесами [Электронный ресурс]. Ссылка на ресурс: <https://rec360.ru/news/guru-360-rover.html>
- 5) DJI Robomaster S1 – робот, который поможет видеооператорам [Электронный ресурс]. Ссылка на ресурс: <https://rec360.ru/news/dji-robomaster-s1-robot-kotoryj-pomozhet-videooperatoram.html>
- 6) Быканова А.Ю. Основы SolidWorks. Построение моделей деталей: учеб.-метод. пособие / А.Ю. Быканова, А.В. Старков. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2009. – 120 с.

7) Тику Ш. Эффективная работа: SolidWorks 2004. – СПб.: Пи-тер, 2005. – 768 с.

8) Варакин А.А. Использование САПР SolidWorks в конструкторско-технологическом проектировании электронных средств : метод. указания. В 2 ч. Ч. 1. Основы создания трехмерных моделей. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2009. – 52 с.

МЕХАТРОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ И ДЕРЕВООБРАБОТКИ

студент гр. 10309118 Гурский А. О.

Научный руководитель – ассистент Козлов Ю. В.
Белорусский Национальный Технический Университет
Минск, Беларусь

В настоящее время существует огромное множество различных вариантов фрезерных станков, в разных компоновках и разных размеров, для 2D и 3D фрезеровки и изготовления печатных плат.

В таблице 1 и на рисунке 1 приведены фрезерные станки, собираемые производителями зарубежных стран.

Таблица 1 – Сравнение станков

Модель фрезерного станка	Размеры рабочей зоны, мм	Приблизительная стоимость (USD)
CNC 3018 Pro	300*180*40	100 - 250
Станок с ЧПУ 1419	140*190*40	350 - 450
CNC 3020/4020/3040/6020	180*390*95	150-1000



а



б



в

Рисунок 1

а – фрезерный станок CNC 3018 Pro, б – фрезерный станок с ЧПУ 1419,

в – фрезерный станок CNC с различными габаритами рабочей зоны 3020/4020/3040/6020

По своим характеристикам, данные станки удовлетворяют требованиям, но имеют относительно высокую цену и дороги в обслуживании.

В целях сокращения зависимости от зарубежных производителей печатных плат на заказ, решено создать собственный фрезерный станок, который позволит сократить время ожидания печатной платы с момента заказа, а также, в перспективе, позволит уменьшить затраты на производство.

Первоначально производим подбор компонентов:

- 1) Электрическая система управления (микроконтроллер Arduino UNO / Nano или ESP32);
- 2) 3 шаговых двигателя и 1 электродвигатель;
- 3) Направляющие и ребра жесткости, из которых можно собрать каркас изделия;
- 4) Направляющие и шпильки (винт-гайка), необходимые для обеспечения движения стола и шпинделя станка в 3-ех направлениях с помощью передачи винт-гайка;
- 5) Дополнительные компоненты: подшипники, опоры направляющих, муфты, фрезы.

На основании размеров всех компонентов, создаем трехмерную модель фрезерного станка в SolidWorks (рисунок 2).

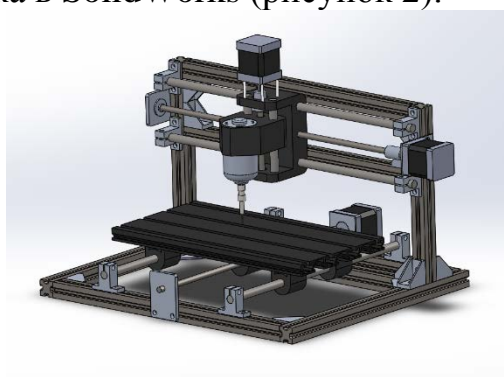


Рисунок 2 – Модель фрезерного станка в SolidWorks

Для выявления самых нагруженных элементов конструкции, проводим статический анализ напряженно-деформированного состояния сборочной единицы и приблизительно оцениваем напряжения, деформации и перемещения (рисунки 3 и 4).

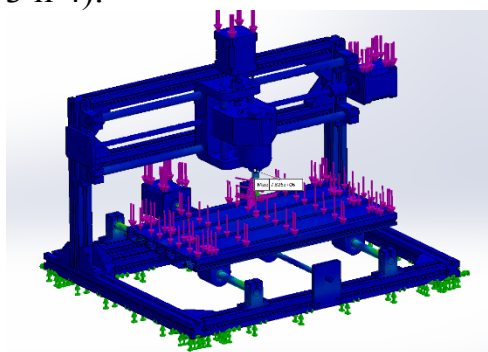
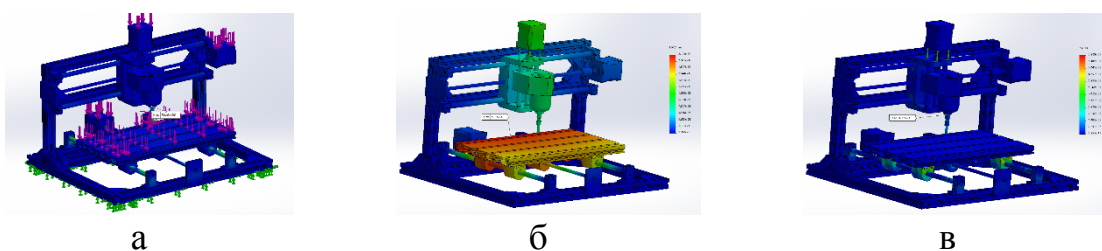


Рисунок 3 – Проведение статического анализа в SolidWorks Simulation



а – напряжения, б – перемещения, в – деформации
Рисунок 4

Разрабатывается принципиальная электрическая схема для управления фрезерным станком, а также блок-схема алгоритма работы программы, загружаемой в микроконтроллер.

Анализируя схемы управления подобных станков и учитывая их достоинства и недостатки, разрабатывается принципиальная электрическая схема (рисунок 5).

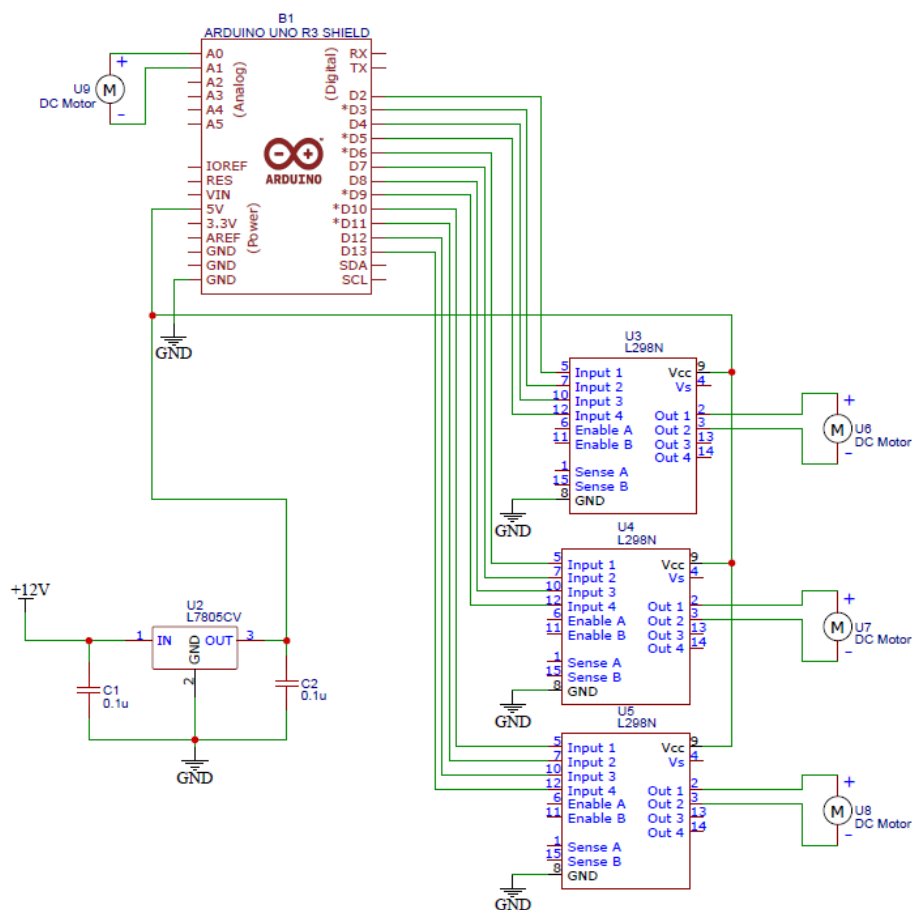


Рисунок 5 – Схема электрическая принципиальная

Принципиальная схема состоит из следующих компонентов:

1) Arduino UNO (в качестве устройства управления, которое координирует работу всех компонентов системы);

- 2) 3 драйвера шаговых двигателей A4988 (на схеме представлено L298N), позволяющих связать устройство управления и шаговые двигатели;
- 3) 3 шаговых двигателя;
- 4) 1 электродвигатель шпинделя;
- 5) Преобразователь напряжения L7805, который осуществляет питание данной схемы;
- 6) CNC Shield v.3 для подключения Arduino UNO и драйверов.

Электрическая система управления в сборе представлена на рисунке 6.



Рисунок 6 – Электрическая система управления фрезерным станком в сборе

Для управления мехатронной системой разработана блок-схема, представленная на рисунке 7.

На блок-схеме показана работа программы микроконтроллера фрезерного станка. С помощью данного алгоритма можно управлять шаговыми двигателями для позиционирования шпинделя в процессе выполнения фрезеровки.

Данное управление требуется для позиционирования фрезы в процессе и перед фрезерованием.

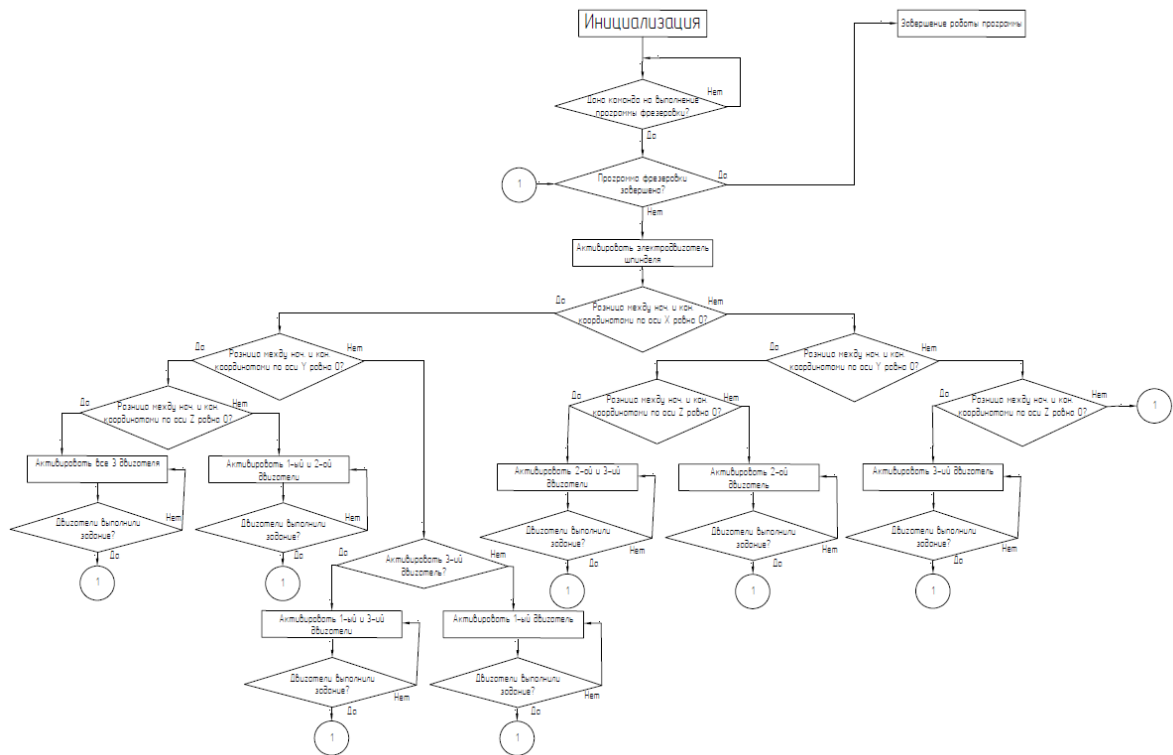


Рисунок 7 – Алгоритм работы программы управления станком

Заключение

В ходе данной работы было выполнено следующее:

- 1) Подбор компонентов и обзор существующих станков.
- 2) Создана 3D модель фрезерного станка.
- 3) Рассчитаны напряжения, перемещения и деформации, возникающие в компонентах станка в процессе его работы.
- 4) Созданы принципиальная электрическая схема системы управления и схема алгоритма работы программы управления станком.

Этот проект позволит сократить затраты и зависимость от зарубежных производителей и производить печатные платы требуемых параметров с достаточно быстрой скоростью.

Литература

1. Аврутин, С.В. Основы фрезерного дела: учебное пособие / С.В. Аврутин. – Москва, 1962.
2. Давыдова М.В., Михалев А.М., Моисеев Ю.И. Технические характеристики металлообрабатывающих станков с ЧПУ: фрезерные станки, обрабатывающие центра сверлильно-фрезерно-расточной группы. — 2010.
3. Соколов С.А. ФРЕЗЕРНЫЙ СТАНОК. — 2006.

4. Промышленный портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://промпортал.su/silarez/> - Дата доступа: 25.09.2021.

5. Самостоятельная сборка настольного ЧПУ станка 2418 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://3dtoday.ru/blogs/lexus08/independent-desktop-cnc-cutting-machine-is-2418-part-1-parts> – Дата доступа: 15.09.2021.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ МЕХАТРОННАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВКИ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

студент гр. 10309118 Яцинович Н. С.

Научный руководитель – Полынькова Е. В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Введение

В мире существует неисчислимое множество изобретений, разных устройств, созданных для упрощения человеческих жизней. Каждое изобретение зарекомендовало себя в той или иной области жизни обычного человека.

Большую часть своей жизни человек проводит в жилых помещениях. Будь то офис или личный дом, обеспечение комфортных условий значительно влияет на продуктивность и саморазвитие новых талантов человечества.

Рассмотрим вариант регулировки освещения и температуры. Для стабилизации состояния, возможного поддержания здоровья в той или иной степени можно использовать устройство, которое самостоятельно, основываясь на уже заложенные внутри нормы, может регулировать поступление естественного света в жилое помещение.

Как известно, освещение разделяется на два типа: естественное и искусственное. Естественное освещение есть освещение дневным светом, поступающее внутрь жилого помещения через оконные рамы и дневные проёмы. Искусственное же является получением света от неестественных источников, таких как электрические лампы, светильники, прожектора и прочее. Нередко можно заметить использование искусственного освещения больше нормы, что неблагоприятно влияет на состояние здоровья человеческого организма.

Искусственные источники света оказывают прямое воздействие на сетчатку глаза, вызывая усталость, переутомление и головные боли в случае, если соотношение яркостей не сбалансировано или существует слепящее действие. Как следствие всего вышеперечисленного, появляется ухудшение концентрации, и человек делает множество мелких ошибок, пагубно влияющих на рабочий процесс в целом. Хорошо известно, что человек трудится в разном промежутке времени суток. В данных условиях невозможно использование исключительно естественного освещения, но есть возможность регулировки комбинации данных видов.

Как было сказано выше, естественное освещение есть освещение дневным светом, поступающее внутрь жилого помещения через оконные рамы и дневные проёмы. Таким образом, наиболее подходящей системой

регулировки освещения будет являться система, основой для которой послужат жалюзи или шторы:

- 1) Рольштавни;
- 2) Рафшторы;
- 3) Вертикальные жалюзи;
- 4) Рулонные шторы;
- 5) Римские жалюзи;
- 6) Горизонтальные жалюзи;

При рассмотрении данных устройств, нетрудно прийти к выводу, что наилучшей системой регулирования освещения будет система, оснащённая ламелями, способными поворачиваться при такой необходимости – горизонтальные жалюзи.

Область применения

Разрабатываемая система может применяться в жилых помещениях, оснащённых окнами, где необходима автономная регулировка освещения.

Цель системы

Целью данной разработки является улучшение рабочей среды, а также упрощение жизнедеятельности в жилом помещении в присутствии человека за счет регулировки поступления естественного освещения и автоматизации системы.

Задачи системы

Выделим основные задачи, которые должна решать система:

1. Оптимизация энергопотребления системы.
2. Регулировка естественного освещения в помещении.

Пути решения задач

Для решения выделенных задач система должна быть снабжена датчиками:

1. Датчик для отслеживания присутствия человека в помещении, за счет которого система будет работать только в том случае, если микроконтроллер, установленный в систему, выдаст положительный результат с этого датчика. В ином случае, система будет находиться в спящем режиме, что, несомненно, сократит энергопотребление и значительно приблизит к решению первой задачи.

2. Датчик освещения. Анализируя установленные датчики освещения, один из которых находится внутри, а другой снаружи помещения, система, опираясь на выставленный заранее коэффициент разности измерений, будет выставлять необходимый угол поворота ламелей. При достижении

необходимого угла, система перейдет в режим ожидания на заданный период, чтобы по истечению его сделать очередное считывание датчиков освещения. Таким образом будет решаться задача регулировки естественного освещения.

Не менее важным компонентом системы, который будет участвовать в аналитической функции, является Wi-fi – модуль. Данный модуль, основываясь на взятых из сети параметрах восхода и захода солнца, будет регулировать работу системы. Опираясь на выставленные данные, система будет работать лишь в часы, когда солнце будет находиться в небе. Таким образом, система затронет решение первой задачи системы, работая лишь в светлое время суток.

Исполнительными органами данной системы будут приборы поворота ламелей на заданный угол, а также приборы, обеспечивающие подъём и опускание жалюзи, в целом.

Как итог, система автономно отслеживает, находится ли в помещении человек, после чего включается, запуская анализ времени суток при помощи Wi-fi – модуля, затем, в зависимости от времени, система выставляет ламели в полностью закрытое положение или же в положение (угол) заданное при анализе датчиков освещения. Алгоритм работы данной системы представлен на рисунке 1:

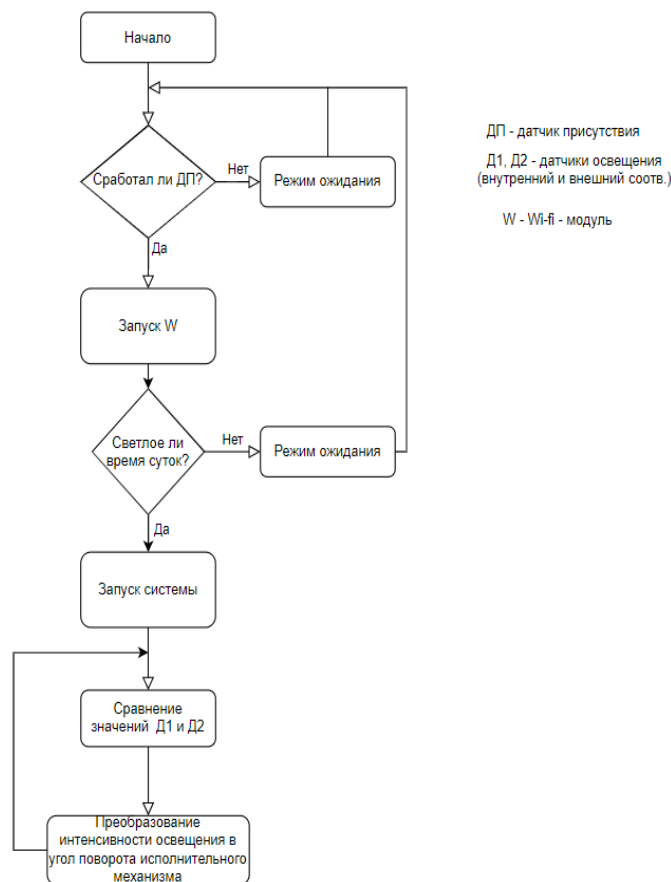


Рис. 1 – Блок-схема работы системы

УДК 004.056, 519.724, 621.391

ПОТОКОВОЕ ВСТРАИВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ В СЛУЧАЙНУЮ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ

студент гр. 014301 Шмат И. В.

Научный руководитель - канд. техн. наук Ролич О. Ч.

Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Встраивание информационного цифрового сигнала (ИЦС) в случайную последовательность представляется как способ защиты или сокрытия информации при её передаче по каналам связи [1]. Предлагаемое встраивание заключается в модуляции информационным сигналом интегральных параметров распределения генерируемой случайной последовательности: математического ожидания, дисперсии, асимметрии, эксцесса. Для обеспечения должного сокрытия ИЦС модулируемая характеристика случайной последовательности должна иметь достаточно высокий порядок. Поэтому в качестве модулируемого параметра при встраивании ИЦС выбирается коэффициент асимметрии, представляющий интегральную характеристику случайной последовательности третьего порядка.

Одним из распространённых распределений с управляемым коэффициентом асимметрии выступает распределение Вейбулла [2]:

$$W(b, x) = b \cdot x^{b-1} \cdot e^{-x^b}. \quad (1)$$

Функции его реализации присутствуют в современных программно-математических средах, что упрощает генерирование случайной последовательности и, соответственно, формирование случайного потокового контейнера (СПК) со встроенным ИЦС [3].

Структура СПК со встроенным ИЦС изображена на рисунке 1. Она включает кадры в виде случайных последовательностей длиной L каждый с распределением Вейбулла и параметрами a_i ($i = 1, 2, 3, \dots, m$) асимметрии, прямо пропорциональными значениям встраиваемых отсчётов ИЦС.

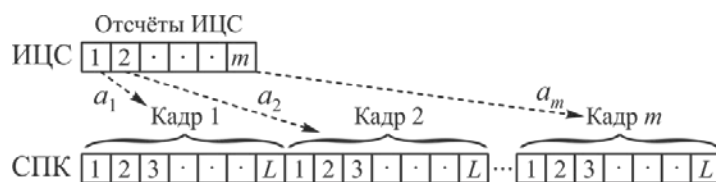


Рис 1. Схема встраивания ИЦС в СПК.

В предлагаемом варианте встраивания ИЦС в СПК встают две задачи:

1. Способ выделения информационного сигнала из СПК.
2. Оценка оптимальной длины L кадра.

Выделение информационного сигнала из СПК на приёмной стороне возможно как посредством вычисления оценки либо коэффициента асимметрии, либо среднеквадратичного отклонения (СКО) в последовательных выборках, перемещающихся вдоль СПК, с дополнительным нелинейным корректирующим преобразованием, так и путём анализа двумерной гистограммы СПК [4, 5].

Оптимальная длина L кадра выбирается исходя из оптимизации уровня шумов в кривой, построенной на множестве оценок коэффициента асимметрии или СКО СПК со встроенным в него ИЦС прямолинейной формы.

Для оценки оптимальной длины L отдельного кадра СПК, в который встраивается отсчёт ИЦС, необходимо определиться с разрядностью и форматом отсчётов ИЦС. Так, в дальнейших рассуждениях применяется 16-разрядный целочисленный беззнаковый тип данных ($d = 16$) с соответствующим диапазоном значений отсчётов от 0 до $(2^d - 1) = 65535$.

В распределении (1) Вейбулла на асимметрию влияет параметр b , и оно приобретает симметричный вид при $b = b_0 \approx 3.60235$. Как показывают исследования, при встраивании отсчётов ИЦС в случайную последовательность с распределением Вейбулла параметр b целесообразно варьировать вблизи $(b_0/2)$ так, чтобы среднему значению рабочего целочисленного диапазона ИЦС шириной 2^d соответствовало значение $(b_0/2)$, и непосредственный диапазон изменений b являлся симметричным относительно $(b_0/2)$.

В этом случае модуляция $b(f)$ встраиваемого ИЦС $f_j = j$ ($j = 0, 1, 2, \dots, (2^d - 1)$, $d = 16$) прямолинейной формы запишется в виде:

$$b(f_j) = b_{\min} + \frac{b_0 - 2b_{\min}}{2^d} f_j, \quad (2)$$

где f_j – отсчёт исходного ИЦС, b_{\min} – левая граница отрезка $[b_{\min}, b_0 - b_{\min}]$ изменения параметра b , определяющего асимметрию распределения (1) Вейбулла, d – разрядность представления целочисленных беззнаковых отсчётов ИЦС, $d = 16$.

Оптимальная длина L кадра встраивания отсчёта ИЦС оценивается способом компьютерных статистических испытаний путём вычисления для каждого кадра оценки коэффициента A асимметрии как центрального момента третьего порядка:

$$A(b) = \frac{1}{L} \sum_{l=0}^{L-1} \left(F_l(b) - \frac{1}{L} \sum_{j=0}^{L-1} F_j(b) \right)^2, \quad (3)$$

где $F_l(b)$ – отсчёт кадра случайной результирующей последовательности СПК, l – индекс элемента (отсчёта) кадра случайной последовательности СПК, $l = 0, 1, 2, \dots, (L - 1)$ (на рисунке 1 $l = 1, 2, \dots, L$), $\frac{1}{L} \sum_{j=0}^{L-1} F_j(b)$ – оценка математического ожидания кадра, с последующим анализом уровня шумов статистической зависимости $A(b)$. Анализ уровня шумов целесообразно проводить сравнением результата статистической зависимости (3) с явным выражением для асимметрии:

$$\hat{A}(b) = b \int_0^{\infty} \left(x - b \int_0^{\infty} x^b e^{-x^b} dx \right)^2 x^{b-1} e^{-x^b} dx \quad (4)$$

по формуле суммы квадратов разностей:

$$\sum_b \left(A(b) - \hat{A}(b) \right)^2 < \delta, \quad (5)$$

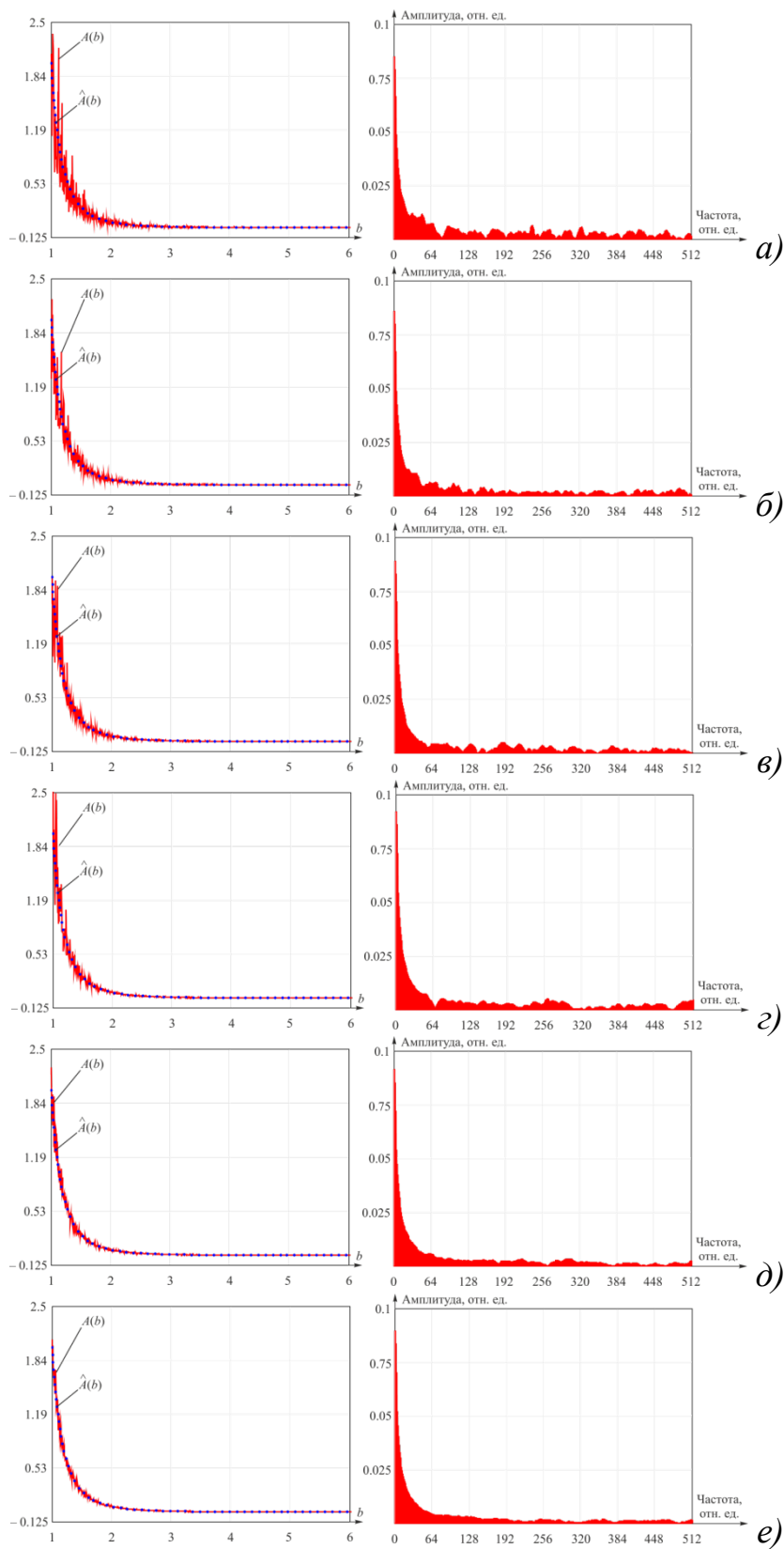
где δ – заданный порог, $\delta > 0$.

Иными словами, оптимальная длина L кадра СПК выбирается таким образом, чтобы для заданного $\delta > 0$ и всех $b \in [b_{\min}, b_0 - b_{\min}]$ выполнялось условие (5).

На рисунке 2 изображена серия статистических кривых $A(b)$, вычисленных по формуле (3), в сравнении с явной кривой $\hat{A}(b)$ выражения (4), а также соответствующие зависимостям $A(b)$ амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) для $L = 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192$ и 16384 .

Рисунок 2 подтверждает, что с повышением длины кадра уровень шумов снижается. Так, при длине $L = 16384$ статистическая кривая $A(b)$ и её АЧХ выглядят значительно более гладкими, чем при $L = 512$. Шероховатость области высоких частот статистической кривой $A(b)$ с увеличением L также снижается, т.е. и она сглаживается.

Если изменение L с 256 на 512 или на 1024 влечёт очевидные изменения в АЧХ результирующей статистической кривой, то для $L = 8192$ и 16384 эти изменения малозаметны, и отличия неочевидны. Поэтому, с позиции очевидности изменений АЧХ длину L кадра следует выбирать около 8192, по крайней мере, не менее 4096.



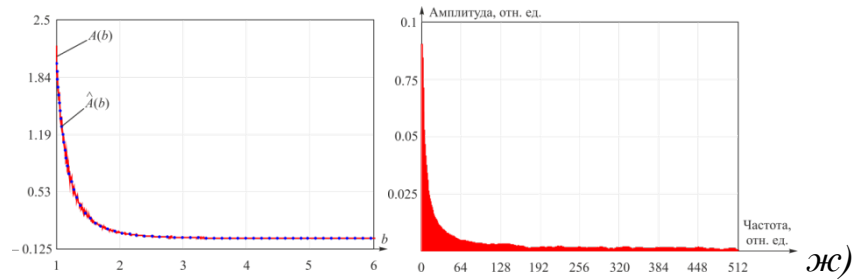


Рис 2. Статистические кривые $A(b)$ и соответствующие им АЧХ для $L = 256$ (а), $L = 512$ (б), $L = 1024$ (в), $L = 2048$ (г), $L = 4096$ (д), $L = 8192$ (е) и $L = 16384$ (ж).

Выводы из рисунка 2 подтверждают и данные таблицы 1, где представлены среднестатистические суммы квадратов разностей для различной длины L кадра.

Таблица 1. Зависимость среднестатистических сумм квадратов разностей от длины L кадра СПК.

L	$\sum_b (A(b) - \hat{A}(b))^2$	L	$\sum_b (A(b) - \hat{A}(b))^2$	L	$\sum_b (A(b) - \hat{A}(b))^2$	L	$\sum_b (A(b) - \hat{A}(b))^2$
56	8.67	024	3.52	096	1.10	6384	0.20
12	4.34	048	3.80	192	0.42		

Согласно таблице 1 увеличение L вдвое сначала ведёт к значительному снижению среднестатистической суммы квадратов разностей $A(b)$ и $\hat{A}(b)$ (см. формулу (5)), также примерно в два раза, затем к её заметному снижению (переход от $L = 512$ к 1024 или от 1024 к 2048) и последующему повторному достаточно резкому росту её уменьшения (переход от $L = 2048$ к 4096 или от 4096 к 8192, или от 8192 к 16384).

Выбирая порог δ , равным 0.5, рекомендуемая длина L кадра СПК, согласно таблице 1, равна 8192 элемента.

В восстановлении информационного сигнала и его выделении из СПК путём вычисления изменения во времени оценки коэффициента асимметрии применяется зависимость $b(A)$, обратная (4), с последующим вычислением информационных отсчётов по формуле, обратной (2).

Результаты встраивания тестового ИЦС гармонической формы длиной $m = 64$ 16-разрядных беззнаковых отсчётов в СПК на базе распределения Вейбулла и его восстановления отражены на рисунке 3.

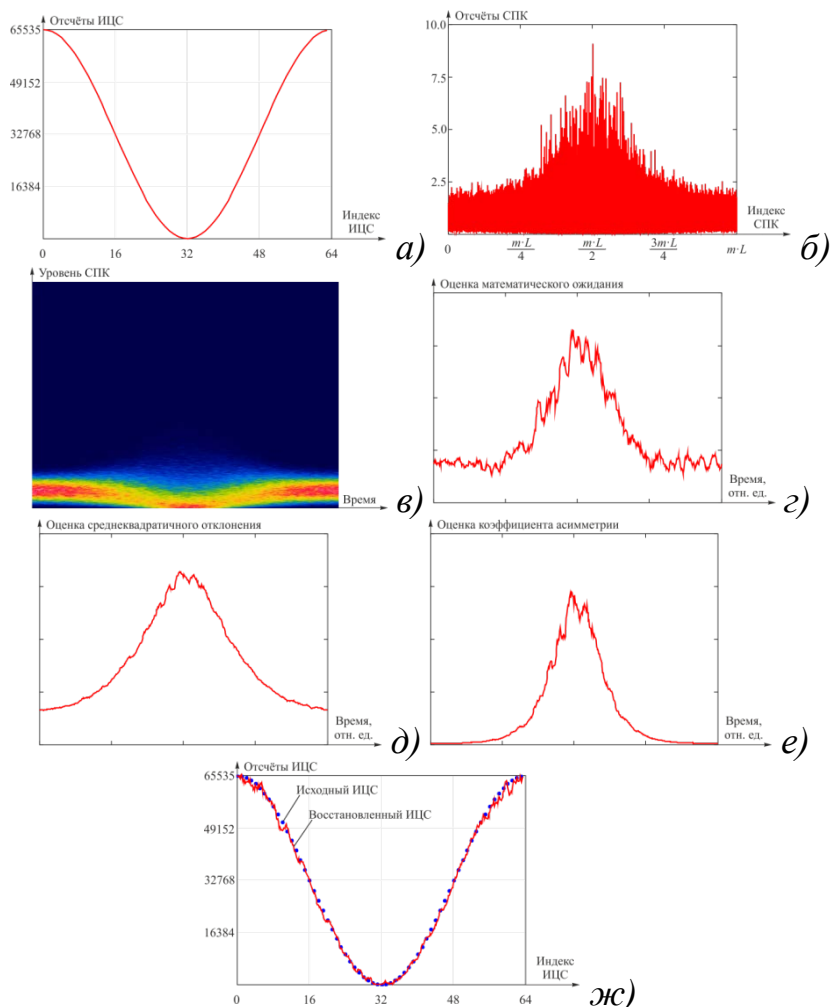


Рис 3. Результаты встраивания и восстановления ИЦС гармонической формы:

- а) – исходный ИЦС; б) – СПК на базе распределения Вейбулла со встроенным ИЦС; в) – двумерная гистограмма СПК с учётом прямоугольного окна;
- г) – изменение оценки математического ожидания для СПК со встроенным ИЦС;
- д) – изменение оценки СКО для СПК со встроенным ИЦС;
- е) – изменение оценки коэффициента асимметрии для СПК со встроенным ИЦС;
- ж) – выделенный из СПК информационный сигнал с учётом корректирующей зависимости $b(A)$, обратной (4).

Согласно представленным результатам, форма встроенного ИЦС в СПК на рисунке 3, (б) неочевидна. Но эта «неочевидность» проявляется в двумерной гистограмме, изображённой на рисунке 3, (в) [4, 5].

По приведённым изменениям оценок математического ожидания, СКО и коэффициента асимметрии наименьшую шероховатость, т.е. наибольшую гладкость имеет зависимость оценки СКО. Поэтому, несмотря на основную идею встраивания ИЦС в моменты относительно высокого

порядка, в частности, в асимметрию, для качественного восстановления информационного сигнала следует использовать изменение оценки СКО.

Восстановленный же из СПК информационный сигнал по изменению оценки коэффициента асимметрии с учётом корректирующей функции $b(A)$, обратной к функции (4), изображён на рисунке 3, (ж). Следует отметить, что восстановленный сигнал достаточно точно описывает исходно встраиваемый тестовый ИЦС.

Главным выводом проведённых исследований и представленных результатов является требование к усложнению вида базового распределения. Для повышения сокрытия встраиваемого ИЦС распределение должно характеризоваться полимодальностью с асинхронной и неравномерной динамикой мод в зависимости от модулируемого момента высокого порядка, в частности, коэффициента асимметрии. В противном случае исходный сигнал проявляется на двумерной гистограмме и, очевидно, может быть выделен посредством её пикового анализа.

Автором разработана компьютерная программа автоматизации исследования процесса встраивания определённого пользователем ИЦС в случайную последовательность с заданным законом распределения, а также редактор встраивания аудиосигнала в случайную последовательность с распределением Вейбулла с возможностью его последующего восстановления.

Литература

1. Урбанович, П. П. Защита информации методами криптографии, стеганографии и обфускации / П. П. Урбанович. Минск: БГТУ, 2016. – 220 с.
2. ГОСТ Р 50779.27–2017 «Национальный стандарт Российской Федерации. Статистические методы. Распределение Вейбулла. Анализ данных» [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа : <https://files.stroyinf.ru/Data/649/64919.pdf>.
3. Алефиренко, В. М. Основы защиты информации / В. М. Алефиренко. Минск: БГУИР, 2004. – 44 с.
4. Тарасенко, В. Е. Алгоритмы обработки сигналов в интегрированной системе виброакустической и тепловой диагностики дизельных двигателей / В. Е. Тарасенко, О. Ч. Ролич, Д. А. Михаевич // Агропанорама. – 2020. – № 6 – С. 38 – 41.
5. Пурькова, М. В. Алгоритм статистического анализа данных / М. В. Пурькова, О. Ч. Ролич // Интеллектуальные, сенсорные и мехатронные системы-2021: сборник научных трудов (по материалам студенческих научно-технических конференций). – Минск: БНТУ, 2021. – С. 26 – 28.

РАСПОЗНАВАНИЕ ДАННЫХ В ПРОТОКОЛАХ МЕДИЦИНСКИХ ОБСЛЕДОВАНИЙ

студент кафедры интеллектуальных систем Шуманов В. Е.
Научный руководитель - канд. техн. наук Головатая Е. А.

Белорусский государственный университет
Факультет радиофизики и компьютерных технологий
Минск, Беларусь

Проблема бумажного документооборота никуда не уходит и миру требуются инструменты для решения данной проблемы. Одними из таких инструментов и являются алгоритмы, разработанные при помощи технологии OCR, которые позволяют быстро и точно извлекать информацию из документов.

Optical character recognition (OCR) – это преобразование изображений текста в цифровой формат. В настоящее время OCR латинских шрифтов имеет настолько высокую точность, что считается решенной проблемой, и многие программные пакеты предоставляют бесплатную технологию OCR для многих языков.

Цель данной работы состояла в том, чтобы разработать алгоритм, который извлекает из протоколов медицинских обследований максимальное количество информации, то есть распознает текст и приводит его к формату пригодному для хранения и работы в информационных системах. Визуализация задачи на рисунке 1.

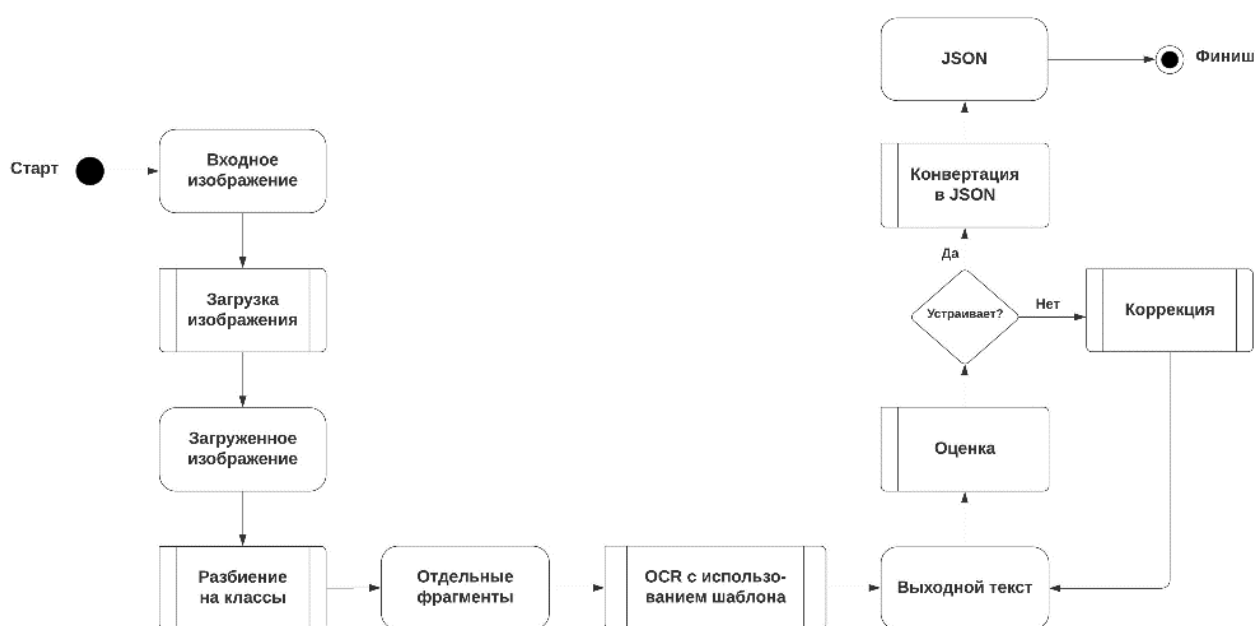


Рис 1. Визуализация задачи.

Распознавание по шаблону является одним из методов оптического распознавания символов, в нем находятся местоположения изображений внутри изображения. После того, как найдено несколько соответствующих шаблонов, их центры используются в качестве соответствующих точек для определения параметров. Это нужно для структурирования выходных данных.

Создание частных решений для узких задач доступно благодаря разнообразным инструментам, предоставляющим методы для различных изображений, одними из таких инструментов являются Tesseract и Google Cloud Vision OCR.

В работе были реализованы два алгоритма с использованием перечисленных выше инструментов. Благодаря алгоритму с Tesseract был разработан алгоритм, распознающий данные с точностью 73%. Алгоритм с Google Cloud Vision OCR дал намного более точный результат в 98%. Пример работы алгоритма приведен на рисунке 2.

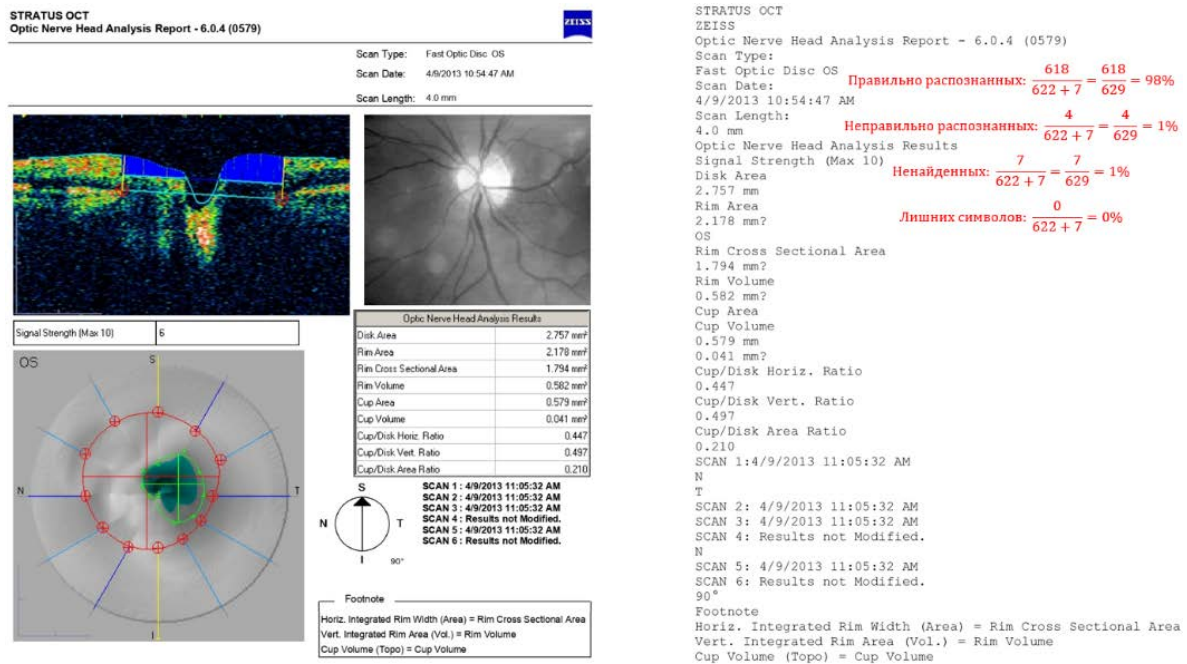


Рис 2. Результат работы алгоритма с Google Cloud Vision OCR.

Таким образом, в результате анализа инструментов, используемых для распознавания данных, был выбран Google Cloud Vision OCR, с использованием которого удалось разработать алгоритм, который распознает данные с довольно высокой точностью.

УДК 004.032.26

**УЧЁТ РАСПОЛОЖЕНИЯ MEMS-ДАТЧИКА
ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ПО ЕГО СИГНАЛАМ**

студент гр. 115401 Ващилов А. Д.

Научный руководитель - канд. техн. наук Ролич О. Ч.

Белорусский государственный университет

информатики и радиоэлектроники

Минск, Беларусь

В инерциальной навигации при высокоточном измерении координат местоположения объекта неизбежно сопутствующей задачей становится идентификация типа движения. Это связано с тем, что характер сигналов MEMS-датчика инерциальной навигации, наряду с его конструктивными особенностями, зависит от места установки на объекте. В этом случае дополнительно сказывается динамика движения узла или звена, на котором установлен датчик, а сигнальная составляющая подобной динамики требует последующего распознавания и фильтрации.

Для корректной фильтрации сигнальной составляющей, отражающей динамику звена, необходимо выявить и классифицировать наиболее распространённые и вероятные места установки MEMS-датчиков на транспортных средствах, людях, домашних питомцах, диких животных и др. С этой целью, согласно анализу литературных источников, предлагается изображённая на рисунке 1 схема вероятной локализации MEMS-датчиков [1 – 7].

Данная схема, структурирующая вероятные места установки датчика, позволит, исходя из его сигналов, повысить информационный компонент решаемой научно-технической задачи и точность измерений путём однозначной идентификации как места установки, так и составляющих типов движения с последующей их высокоточной фильтрацией.

Схема рисунка 1 отражает доминирование MEMS-датчиков в системах контроля и управления транспортными средствами (класс «ТРАНСПОРТ» на рисунке 1), в меньшей степени – их применение в промышленности, куда на рисунке 1 отнесена и сфера робототехники, а также в строительстве.

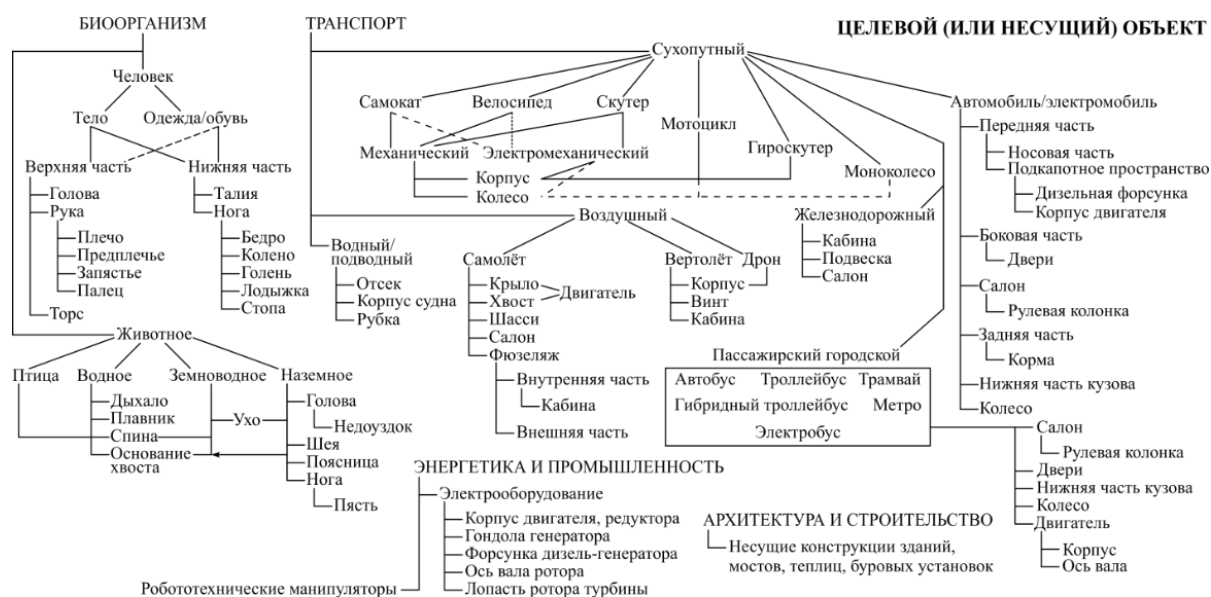


Рис 1. Схема вероятной локализации MEMS-датчиков.

Нарастающую популярность представляет использование MEMS-датчиков в медицине, ветеринарии, биологии, фитнесе для контроля здоровья людей и животных, с отслеживанием перемещений и учётом видов движений (равномерное, равноускоренное, поступательное, вращательное, круговое, прецессия, нутация и др.), локомоций и физических упражнений: ходьба, бег, прыжок (на одной или на двух ногах, короткий или длинный), кувырок, сальто, стойка, езда на транспорте, полёт, плавание, гибридные движения типа «ходьба или выполнение упражнений в салоне транспортного средства». Данное применение MEMS-датчиков на рисунке 1 представлено классом «БИООРГАНИЗМ», где также учтена возможность встраивания датчика в одежду или обувь; в этом случае предполагается, что встроенность датчика в одежду (или обувь) эквивалентно его расположению в соответствующей части тела, но с учётом корректирующей связи с ним.

В общем виде знание места установки MEMS-датчика и сигнальных компонентов отдельных составляющих движения способствует автоматизации процесса идентификации деятельности объекта в зависимости от класса применимости, например, для человека – занятия конкретными игровыми видами спорта, прогулки, подтягивания, силовые упражнения и др.

Предполагается, что разработанная схема вероятного расположения MEMS-датчиков станет основополагающей в теории идентификации движения по сигналам MEMS-датчиков с учётом масштаба реального времени для последующего применения алгоритмов идентификации в высокоточных системах контроля, управления, безопасности.

Литература

1. Parkka, J. Activity classification using realistic data from wearable sensors / J. Parkka, M. Ermes, P. Korpiäa, J. Mantyjarvi, J. Peltola, I. Korhonen // *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*. – 2006. – Vol. 10. – № 1. – P. 119–128.
2. Knapkiewicz, P. Animals dedicated, MEMS sensors based mechatronics movement assessment system / P. Knapkiewicz, W. Kosek, P. Jozwiak, J. Dziuban, J. Jaskowski // *Procedia Engineering*. – 2014. – Vol. 87. – P. 576–579.
3. Watanabe, N. Development of an automatic classification system for eating, ruminating and resting behavior of cattle using an accelerometer / N. Watanabe, S. Sakanoue, K. Kawamura, T. Kozakai // *Grassland Science*. – 2008. – Vol. 54. – № 4. – P. 231–237.
4. Yoshioka, K. Early Detection of Livestock Diseases by Using Wearable Wireless Sensors / K. Yoshioka, O. Mikami, S. Higaki, T. Ozawa // *FFTC-AP*. – 2019. – Режим доступа: <https://ap.fftc.org.tw/article/1626>.
5. Weinberg, H. MEMS Sensors Are Driving the Automotive Industry / H. Weinberg. – 2002. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fierceelectronics.com/components/mems-sensors-are-driving-automotive-industry>.
6. Shahbaz, M. MEMS Sensors for Diagnostics and Treatment in the Fight Against COVID-19 and Other Pandemics / Muhammad Shahbaz Khan, Muhammad Owais Tariq, Menaä Nawaz, Jameel Ahmed // *IEEE Access*. – 2021. – Vol. 9. – P. 61123–61149.
7. Одинец, А. И. Датчики МЭМС для управления и диагностирования автомобиля / А. И. Одинец, Л. Д. Федорова // *Омский научный вестник*. – 2015. – № 2 – С. 177 – 179.

УДК 004.932

ФИЛЬТРАЦИЯ ПОТОКА ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ЭКВАЛИЗАЦИИ

студент гр. 014301 Невейков А. С.

Научный руководитель - канд. техн. наук Ролич О. Ч.

Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

В задачах потоковой обработки и анализа аудиоданных различные способы графического отображения и интерпретации сигналов зачастую позволяют быстро выделить в них необходимую информацию. Одной из подобных операций интерпретации сигналов аудиопотока является его эквализация с последующим выделением информационных признаков [1]. Для автоматизации исследования процесса эквализации аудиопотока разработана программа, эквализирующая аудиоданные на основе нестандартных математических моделей.

Рабочая область программы, изображённая на рисунке 1, разделена на 9 мини-экранов. Верхний левый мини-экран показывает исходную функцию, остальные – эквализированную функцию. Пользователь выбирает аудиофайл путём нажатия кнопки «Choose file» внизу экрана.

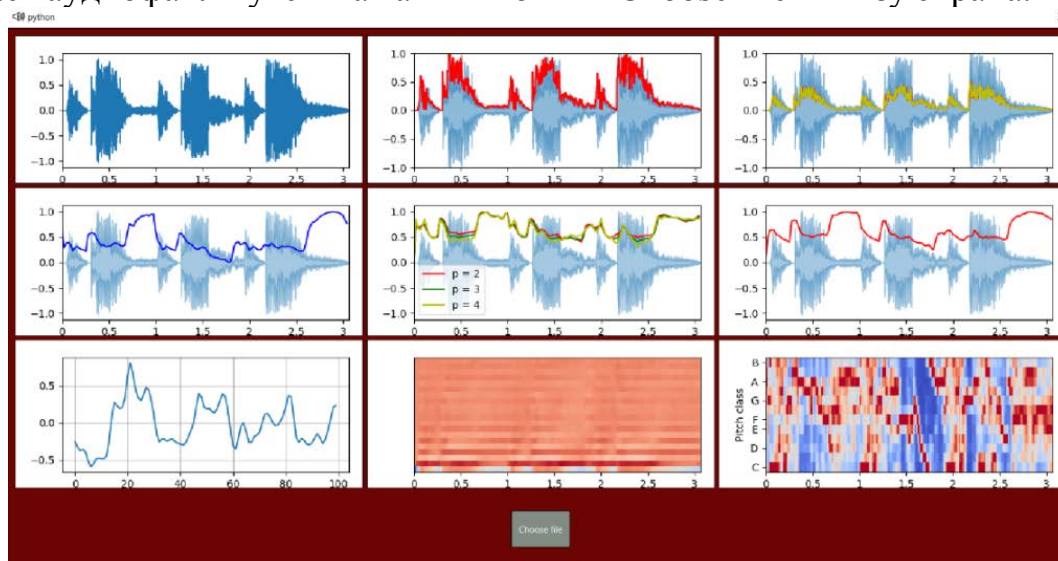


Рис 1. Визуализация различных вариантов эквализации исходной функции.

Для решения пользовательских задач предусмотрена возможность взаимодействия с каждым отдельным графиком: масштабирование, движение по графику, изменение свойств осей, сохранение в файле и возврат графика в исходное состояние. В качестве примера на рисунке 2

изображено окно взаимодействия с графиком эквализированной функции, позволяющее анализировать интересные исследователя её детали.

← → + Q # %

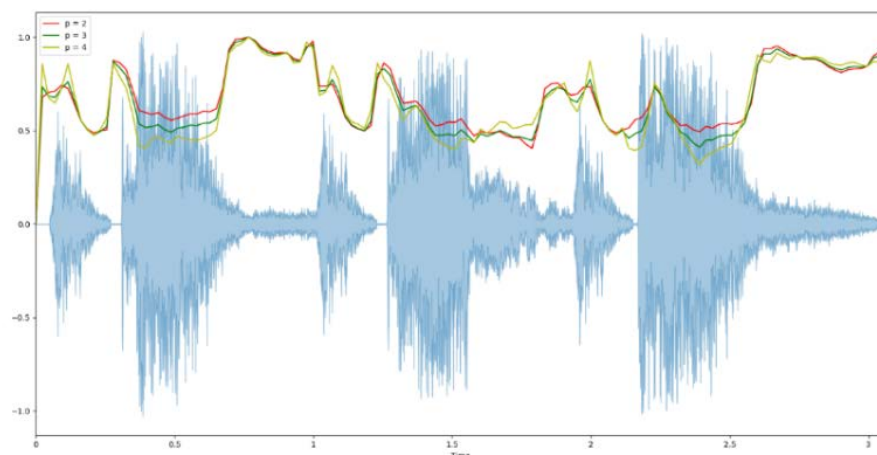


Рис 2. Меню взаимодействия с графиком эквализированной функции.

В разработке программы использовался язык Python как самый популярный скриптовый язык, поддерживающий объектно-ориентированное программирование. В качестве основной выбрана библиотека librosa, включающая необходимый инструментарий для создания системы MIR, подробно задокументированная и популярная среди звукоинженеров, использующих Python [2, 3]. Также библиотека совместима с matplotlib – библиотекой для отображения графической информации [4].

С целью повышения производительности хранение промежуточных данных осуществляется в едином формате библиотеки NumPy как библиотеки научных вычислений в Python, предоставляющей операции для работы с многомерными массивами, производными объектами в виде маскированных массивов и матриц, их быстрых преобразований, включая математические, логические, сортировку, выбор, ввод-вывод, преобразование Фурье и операции линейной алгебры.

Разработанная программа эквализации аудиопотока на основе нестандартных математических моделей способствует классификации, тегированию и генерации аудиосигналов, автоматизации научных исследований, обучению нейронных сетей в решении задач анализа аудиофайлов.

Литература

1. Беляк, А. А. Применение эквализации гистограмм в преобразовании массивов данных нестационарных процессов / А. А. Беляк, О. Ч. Ролич // Интеллектуальные, сенсорные и мехатронные системы-2021:

сборник научных трудов (по материалам студенческих научно-технических конференций). – Минск: БНТУ, 2021. – С. 3 – 7.

2. Librosa 0.9.1 documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://librosa.org/doc/latest/index.html>.

3. Hands-On Guide To Librosa For Handling Audio Files [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://analyticsindiamag.com/hands-on-guide-to-librosa-for-handling-audio-files>.

4. 50 оттенков matplotlib – TheMasterPlots [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/468295>.

УДК 004.032.26

АНАЛИЗ РАБОТЫ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ

студент гр. 014301 Витковская А. В.

Научный руководитель - канд. техн. наук Ролич О. Ч.

Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Задачи распознавания образов целесообразно решать с применением нейронных сетей, т.к. они, в отличие от статистических методов многомерного классификационного анализа, базируются на параллельной обработке информации и обладают способностью к самообучению, что позволяет получать обоснованный результат на основании данных, которые не встречались в процессе обучения [1, 2].

Распознавание визуальных образов – пожалуй, самая популярная задача для нейросетей. Сегодня создаются сети, в которых машины способны успешно распознавать символы на бумаге и банковских картах, подписи на официальных документах, детектировать объекты и т.д. Эти функции позволяют существенно облегчить труд человека, а также повысить надёжность и точность различных рабочих процессов за счёт предотвращения ошибки из-за человеческого фактора.

С целью анализа работы нейронных сетей разработана программа, распознающая образы объектов на изображениях с помощью библиотеки PixelLib, предназначенной для сегментации изображений и видео. В отличие от других известных библиотек, оперирующих нейронными сетями, PixelLib поддерживает два основных типа сегментации:

1. Семантическую сегментацию, когда объекты изображения с одинаковыми значениями пикселей сегментируются путём использования одинаковых цветовых карт.

2. Сегментацию экземпляров, при которой экземпляры одного и того же объекта сегментируются с помощью разных цветовых карт.

Также библиотека позволяет создать собственную модель для сегментации объектов, обучив соответствующий набор данных. Помимо этого, PixelLib способствует имплементированию модели сегментации без теоретических знаний работы нейросетей, позволяет редактировать фон на изображении или видеозаписи, назначать чёткие цвета фону, размывать его, извлекать сегментированные объекты. Возможность сегментации изображения с его разделением на передний и задний планы является значащей в решении множества задач компьютерного зрения: медицинских роботов, беспилотных автомобилей, анализа спутниковых изображений.

Рабочая область разработанной программы изображена на рисунке 1.

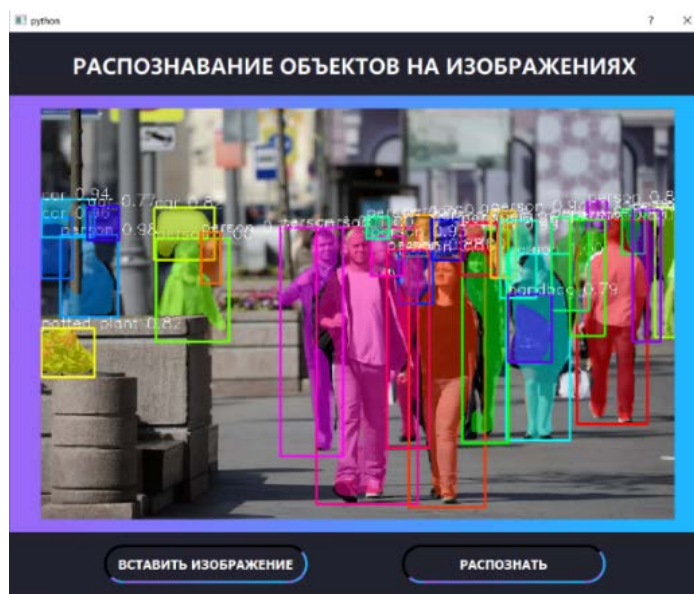


Рис 1. Пользовательский интерфейс программы распознавания объектов на изображении.

Она представляет собой окно, в котором отображается импортируемое и распознанное изображения. Внизу расположены кнопки «Вставить изображение» и «Распознать», которые соответственно открывают диалоговое окно для импортирования изображения и распознают на нём объекты. Нейронная сеть библиотеки PixelLib обрабатывает импортированное пользователем изображение, позволяя заключить каждый сегментированный на нём объект в прямоугольную область, распознать, выделить броским цветом и классифицировать с указанием типа объекта и процента достоверности его распознавания.

Разработанная программа распознавания образов объектов на изображениях нейронной сетью библиотеки PixelLib позволяет автоматизировать процесс сегментации и классификации объектов в поле зрения видеокамеры, и может применяться в автоматизированных системах технического зрения.

Литература

1. Зеленцов, И. А. Распознавание образов. Обзорная лекция / И. А. Зеленцов. – Режим доступа: http://it-claim.ru/Persons/Zelencov/Lecture_text.pdf.
2. Чабан, Л. Н. Методы и алгоритмы распознавания образов в автоматизированном дешифрировании данных дистанционного зондирования / Л. Н. Чабан. – М. : МИИГАиК, 2016. – 94 с.

УДК 004.67; 621.436.2

ОЦЕНКА ИЗНОСА ДИЗЕЛЬНЫХ ФОРСУНОК ПО СПЕКТРОГРАММАМ СИГНАЛОВ АКСЕЛЕРОМЕТРА

студент гр. 813802 Дановский В. Д.

Научный руководитель - канд. техн. наук Ролич О. Ч.

Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Исследования работы и оценка износа дизельных форсунок обусловлены профилактикой и прогнозированием их функционирования в масштабе реального времени с целью предотвращения аварий.

Оценка износа формируется на базе анализа сигналов MEMS-акселерометра LIS3D, закреплённого произвольным образом на форсунке BOSCH на испытательном стенде CR Jet-4E [1].

Исследование сигналов основывается на спектральном анализе с вычислением спектрограмм. В качестве предмета выступают неизношенная и изношенная дизельные форсунки.

На рисунке 1 изображены спектрограммы сигналов MEMS-акселерометра, установленного непосредственно на корпусе дизельной форсунки, для всех трёх его осей у неизношенной (а) и изношенной (б) форсунок, работающих в идентичных режимах при одинаковом давлении 158 бар [2].

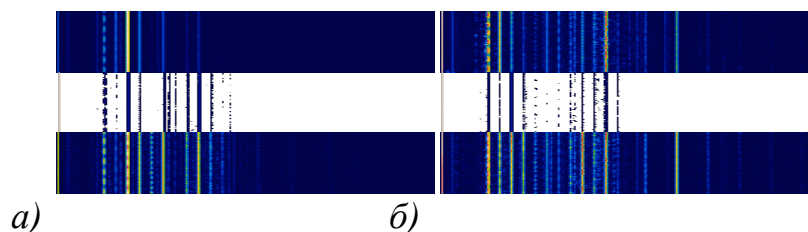


Рис 1. Спектрограммы сигналов MEMS-акселерометра для неизношенной (а) и изношенной (б) дизельных форсунок.

Анализируя спектрограммный ансамбль, фрагмент которого представлен на рисунке 1 с реализацией на базе окна Хэмминга, длиной скользящей выборки 512 отсчётов, её последовательным сдвигом на 64 отсчёта и частотой дискретизации 1600 отсчётов/с, для стационарного режима работы форсунок под давлением 158 бар следует отметить значительно большую ширину спектра вибраций у изношенной форсунки [3]. Элементарный пиковый анализ для рисунка 1 свидетельствует примерно о 16 пиках в спектре изношенной форсунки по сравнению с 8 пиками для неизношенной; при этом, ширина спектра вибраций для неизношенной форсунки составляет примерно 400 Гц, для изношенной 500 Гц, и около 20% вибрационных пиков для изношенной форсунки

располагается в более высокочастотной области. Описанные различия в спектрах объясняются, в частности, деформациями поверхности иглы распылителя и расшатыванием пружины форсунки в процессе её длительной эксплуатации и износа.

Таким образом, износ форсунки рекомендуется оценивать по ширине вибрационного спектра сигнала акселерометра, закреплённого произвольным образом на её корпусе. Особый научный интерес представляют процессы размножения гармоник и детектирования новых частот в вибрационном спектре с оценкой износа и вычислением остаточного ресурса в реальном времени.

Литература

1. Жешко, А. А. Диагностирование многоканальной измерительной системой с гибкой структурой форсунок фирмы BOSCH / А. А. Жешко, В. Е. Тарасенко, О. Ч. Ролич, А. В. Дунаев // Технический сервис машин. – 2021. – Т. 59 – № 1 (142) – С. 55 – 64.

2. Грунтович, Н. В. Разработка диагностической модели дизельных форсунок по результатам вибродиагностирования / Н. В. Грунтович, Д. В. Кирдищев, В. Б. Попов // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого. – 2017. - № 2. – С. 18 – 24

3. Тарасенко, В. Е. Алгоритмы обработки сигналов в интегрированной системе виброакустической и тепловой диагностики дизельных двигателей / В. Е. Тарасенко, О. Ч. Ролич, Д. А. Михаевич // Агропанорама. – 2020. – № 6 – С. 38 – 41.

УДК 004.832.22

РАСПОЗНАВАНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО НАСТРОЕНИЯ В ТЕКСТОВЫХ И АУДИО СООБЩЕНИЯХ

студент гр. 014301 Кравченко В. И.

Научный руководитель - канд. техн. наук Ролич О. Ч.

Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Возможности применения технологии распознавания эмоций огромны: от сервисов для улучшения качества обслуживания (анализа работы call-центров и отзывов на сайте бренда) до контроля безопасности на производстве за счёт управления человеческим фактором (влиянием эмоций на принятие решений).

Задача распознавания эмоций в аудио и текстовых сообщениях сводится к задаче классификации сообщений по эмоциям, которые они выражают. Различают категориальное и пространственное распознавание эмоций.

В первом подходе эмоции описываются дискретным числом классов. Многие учёные проводили исследования, чтобы определить, какие эмоции являются базовыми [1]. Самым популярным подходом является классификация Экмана, который предложил список из шести основных эмоций: гнев, отвращение, страх, счастье, печаль и удивление [2]. Он объясняет, что каждая эмоция действует как отдельная категория, а не как индивидуальное эмоциональное состояние.

Во втором подходе эмоции представляются комбинацией нескольких измерений (каждое измерение – это один из эмоциональных атрибутов), идентифицируемых по осям. Разные исследователи определяют различное количество измерений.

Сравнение двух описанных подходов показывает, что категориальное определение эмоций более распространено, т.к. в силу простоты интерпретации применимо практически к любой задаче. Исходя из этого, в данной работе рассматривается категориальный метод.

Изначально для решения задачи классификации применялись методы математической статистики, в частности, байесовский подход. Однако для большого набора данных, состоящего, например, из миллионов фотографий с десятками тысяч пикселей, подобные методы оказались неэффективными, практически неприменимыми на практике, и на смену классическим методам статистического анализа пришли методы машинного обучения.

Машинное обучение представляет собой современную парадигму программирования. В классическом программировании вводятся правила (команды) и данные для обработки в соответствии с введёнными правилами,

и получают ответы. В машинном обучении вводятся данные и соответствующие им ответы, а на выходе формируются правила, которые впоследствии применяются к новым данным для получения оригинальных ответов.

Глубокое обучение как раздел машинного обучения появилось в виде ответа на потребность в анализе больших массивов неструктурированных данных, например, аудиозаписей. Алгоритмы глубокого обучения на базе нейронных сетей являются наиболее современными и в большинстве случаев наиболее эффективным методом решения задач классификации. Однако, касательно анализа эмоций, это не всегда справедливо.

При рассмотрении обобщённого алгоритма, справедливого как для моделей глубокого, так и для машинного обучения, на его вход поступают исходные данные в виде множества, именуемого *dataset*, из большого набора аудиозаписей и соответствующих им меток- эмоций, например, из тысячи аудиозаписей длиной в несколько секунд, каждая из которых выражает одну из шести эмоций, или несколько тысяч коротких сообщений из социальной сети, также выражающих одну из шести рассматриваемых в задаче эмоций. При этом для каждой из тысячи аудиозаписей обязательно должна быть указана одна из шести предопределённых эмоций.

Исходный *dataset* разбивается на две выборки: обучающую и контрольную. Важность данного шага очень высока, так как именно он позволяет обучить вышеописанную модель на одних данных и использовать на других, до этого ей неизвестных.

После загрузки данных начинается процесс обучения. Обучение представляет собой поиск наиболее удобного для алгоритма представления исходных данных с целью решения поставленной задачи классификации.

Получив наилучшее представление, модель делает предсказание, которое может совпасть или не совпасть с истинным значением – значением, указанным в *dataset* для конкретного сообщения. Исходя из частоты верных предсказаний модели, можно определить её точность распознавания.

Данные на вход алгоритма машинного обучения и распознавания образов поступают в тензорном виде, который интерпретируется программой и компьютерной техникой стандартным массивом. Перед преобразованием исходных данных в тензоры в большинстве случаев проводится предварительная обработка, которая в терминах машинного обучения называется конструированием признаков.

Конструирование значимых признаков в области эмоционального анализа аудио и текстовых сообщений представляет собой нетривиальную задачу ввиду отсутствия объективных признаков, ассоциируемых с той или иной эмоцией. Конструирование признаков является одним из ключевых факторов успеха модели. В нём же заключается и основное различие между

машинным обучением и его передовой областью – глубоким обучением. Помимо обеспечения глубоким обучением высокой производительности, оно также полностью автоматизирует этот шаг, и до глубокого обучения все признаки конструировались вручную.

Подавляющее большинство алгоритмов как машинного, так и глубокого обучения реализовано на языке программирования Python, который использовался и в решении поставленной задачи [3]. В рамках Python продемонстрировать работу модели проще всего средствами графического интерфейса на базе одного из «веб-фреймворков» Streamlit, Dash или Flask. Streamlit и Dash предназначены специально для работы с задачами науки о данных. В текущей работе применялась бесплатная и снабжённая наиболее полной и чрезвычайно простой в использовании документацией библиотека Streamlit.

Эмоциональный анализ аудиосообщения осуществляется на базе трёх типов характеристик звукового сигнала (или звуковой волны):

- временной (time domain);
- частотной (frequency domain);
- временно-частотной (time-frequency domain).

На рисунке 1 изображён звуковой сигнал в трёх представлениях, расположенных в порядке упоминания: первый график – временное представление, второй – частотное, третий – временно-частотное.

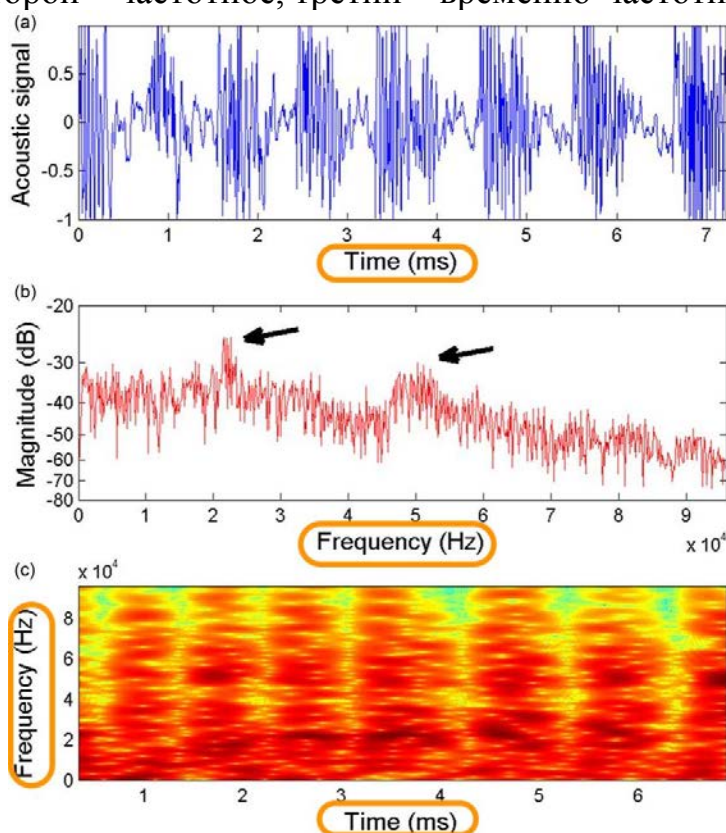


Рис 1. Варианты характеристик звуковых сигналов.

Во временной области признаки извлекаются непосредственно из звуковой волны, то есть из её исходного представления. Исходная звуковая волна изображается как график зависимости амплитуды от времени.

Для получения звуковой волны в её частотном представлении к функции волны во временной области применяется быстрое преобразование Фурье (далее БПФ).

Из временного, частотного и временно-частотного представлений звуковой волны извлекаются признаки, которые впоследствии загружаются в модель.

Одним из простейших признаков временной области является число переходов через ноль (zero crossing rate). Этот признак означает количество пересечений графиком оси X. Вычислив данный признак и ещё два иных произвольных, каждая аудиозапись в dataset преобразовывается в массив из трёх чисел, и в таком виде загружается в модель.

Временная и частотная области представлений являются объектами задач машинного обучения. Временно-частотное же представление волны используется в глубоком обучении. В результате его получается не график, а изображение. Одним из наиболее часто используемых признаков временно-частотного представления в эмоциональном анализе является мел-спектрограмма, получающаяся из спектрограммы путём преобразования шкалы частот, измеряемой в Гц, в шкалу частот, измеряемую в мел, где мел означает единицу высоты звука. Полученная мел-спектрограмма, пример которой для сердитой эмоции изображён на рисунке 2, загружается непосредственно в нейросеть и обрабатывается как изображение. Обработка и все сопутствующие преобразования осуществляются средствами библиотеки Librosa Python.

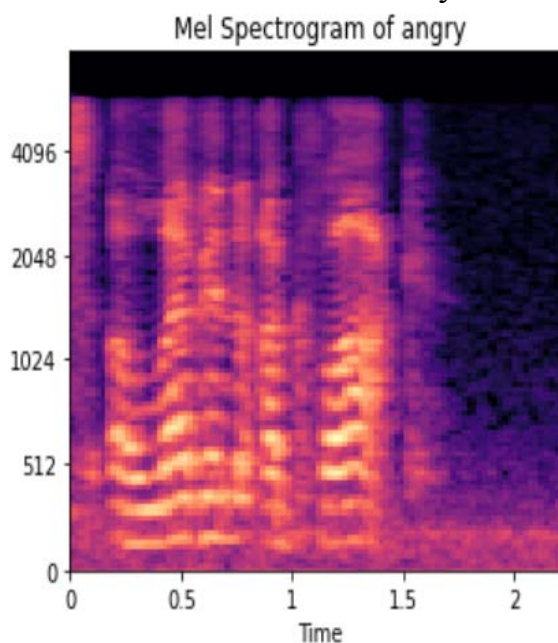


Рис 2. Мел-спектрограмма звуковой волны сердитой эмоции.

В сфере эмоционального анализа текстового сообщения машинное обучение практически полностью вытеснено алгоритмами глубокого обучения. В его контексте сначала данные проходят несколько этапов предварительной обработки, наиболее распространёнными из которых являются:

- токенизация как разбиение текста на предложения, слова и другие единицы;
- удаление стоп-слов;
- приведение слов к нормальной форме за счёт отбрасывания формообразующих признаков: падежей у существительных и формы у глаголов, сохраняя только лексическое значение (в русском языке это называется приведением к начальной форме слова).

После этого сообщения векторизуются, то есть преобразуются в числовые массивы.

Данные этапы являются классическими в области обработки естественного языка. Для их решения существует несколько библиотек, например, NLTK, TextBlob и spaCy.

Таким образом, выбор модели для работы с аудио в большей степени зависит от вида входных данных. Определившись с областью конструирования признаков и с типом машинного обучения (классическим или глубоким), можно перейти к более узкому выбору – выбору модели. В представленной работе обе задачи для аудио и текстовых сообщений решены с использованием нейронных сетей ввиду того, что данный метод является самым современным и большинство последних исследований сосредоточены именно на нём. Двумя фундаментальными алгоритмами для обработки текста и аудиоданных считаются алгоритмы на базе моделей рекуррентных РНС и свёрточных СНС нейронных сетей. В целом, можно использовать и предварительно обученную модель как подхода, известного под названием *transfer learning*. Для конструирования подобных моделей в экосистеме Python существует несколько библиотек, самыми популярными из которых являются Keras, Tensorflow, Pytorch и использованная в данной работе Scikit-learn. После выбора модели важным шагом является настройка её параметров: количества слоёв, функции активации, размера пакетов и др. Выбор наиболее эффективных параметров алгоритма, как и выбор непосредственно алгоритма, являются эвристическими. И если для оптимизации параметров можно использовать готовые и встроенные в библиотеки (например, в Scikit-learn) алгоритмы (в частности, наиболее популярный алгоритм *grid search*), существенно упрощающие процесс поиска оптимальных параметров, то выбор модели всецело зависит от личных знаний исследователя и знаний, накопленных в данной области

другими исследователями, и на данный момент остаётся предметом споров, требующим проведения дальнейших экспериментов.

Развитие информационных технологий и искусственного интеллекта в частности привносит в нашу жизнь новые возможности и стремится сделать её более безопасной и комфортной. Среди разрабатываемых технологий есть такие, пользу которых невозможно переоценить. Например, технология компьютерного зрения, расширяющая базу знаний отдельно взятого врача-онколога, который за 20 лет своей работы увидел около 30 000 родинок, до нейронной сети, которая была обучена на миллионах. Однако есть технологии, потенциальная полезность которых не является однозначной. Одна из них – это технология распознавания эмоций. Несмотря на то, что развитие такой области, как понимание человеческих эмоций может помочь в решении острых и даже глобальных проблем, оно также влечёт за собой целое множество потенциальных угроз. Так, не известно, как глобальное изменение в виде проявления способных к эмпатии и в перспективе сложно отличимых от человека машин скажется на психическом здоровье среднестатистического человека и общества в целом.

Литература

1. Kerkeni, L. A review on speech emotion recognition: case of pedagogical interaction in classroom / L. Kerkeni, Y. Serrestou, M. Mbarki, K. Raoof, M. Mahjoub // 2017 International Conference on Advanced Technologies for Signal and Image Processing (ATSIP). – 2017. – P. 1–7.
2. Ekman, P. An argument for basic emotions / P. Ekman // Cognition and Emotion. – 1992. - № 6 (3/4). – P. 169–200.
3. Шолле, Ф. Глубокое обучение на Python / Ф. Шолле. – Санкт-Петербург: Питер, 2019. – 397с.

УДК 004.032.26

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ В ВИДЕОПОТОКЕ

студент гр. 813801 Крез К. С.

Научный руководитель - канд. техн. наук Ролич О. Ч.

Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Разработка способов распознавания лиц ведётся десятилетиями, однако эта проблема до сих пор далека до завершения.

Для реализации технологий распознавания лиц чаще всего применяется язык Python как один из наиболее перспективных языков воплощения искусственного интеллекта.

Область искусственного интеллекта, которая обучает компьютеры интерпретировать и понимать визуальный мир, относится к компьютерному зрению. Используя цифровые изображения с видеокамер и модели глубокого обучения, машины могут точно идентифицировать и систематизировать объекты, а впоследствии и реагировать на них [1].

Компьютерное зрение важная область искусственного интеллекта, включающая в себя сразу несколько действий: распознавание содержимого изображения, идентификация объекта и его систематизация либо генерация.

Существует огромное количество сфер применения технологии распознавания лиц. Наиболее известными из них являются безопасность и криминология. Однако в последнее время популярность получили и другие области, например, в социальных сетях данная техника используется для автоматического выделения и подписи людей на фотографиях.

Распознавание лиц имеет множество приложений: биометрия, организация видеоконференций, машинное зрение, робототехника, умные системы безопасности и др. Т.к. оно осуществляется в режиме реального времени, то требует относительно быстрого способа преобразований входных данных, что обеспечивается каскадом Хаара.

Данная работа посвящена созданию программы для распознавания лиц людей в видеопотоке.

Разработанная программа включает следующие этапы: инициализацию переменных, запуск алгоритма каскада Хаара, прекращение работы в случае ошибки; предоставление видеоряда; выделение кадра из видеоряда; выход из программы по нажатию на кнопку 'Q'; разрушение использованных окон и удаление их из памяти; освобождение видеокамеры.

Обнаружение объектов выполняется средствами каскада Хаара. Каскад Хаара – это подход, основанный на машинном обучении, когда для классификатора употребляется огромное количество положительных

изображений, содержащих реальные объекты, которые необходимо обнаружить, и отрицательные изображения с произвольным фоном без мотивированных объектов. Классификатор формируется на примитивах Хаара путём расчёта значений признаков. В ходе обучения модели демонстрируется случайное положительное или отрицательное изображение [2]. Модель делает предварительный прогноз типа изображения (положительное либо отрицательное), после чего формируется ответ корректности прогноза: истина или ложь. Основываясь на результатах прогноза, корректируются весовые множители модели. Цикл повторяется несколько сотен раз. На каждой итерации обучения, именуемой шагом, модель анализирует изображение, пытаясь его систематизировать, получает ответ, проводит корректировку, и с каждым разом итог прогноза становился точнее. Модель распознавания лица обучилась в среднем за 11 шагов или по времени за 37 секунд. В итоге получен файл в формате xml.

В результате реализовано программное средство для распознавания лиц в видеопотоке на базе каскада Хаара. Главное превосходство каскада Хаара – скорость. Благодаря быстрой обработке изображения, анализируется потоковое видео. Каскад Хаара используется для определения большинства классов объектов, к коим относятся лица и прочие части человеческого тела, номера автомобилей, пешеходы, дорожные знаки, животные и т.д. В Python каскад Хаара представлен библиотекой OpenCV.

Литература

1. Ростовцев, В. С. Искусственные нейронные сети: учеб. пособие / В. С. Ростовцев. – Киров: Изд-во ВятГУ, 2014. – 208 с.
2. Хорошева, А. А. Применение каскада Хаара для разработки системы распознавания птиц / А. А. Хорошева, М. Д. Федько, А. Р. Юсупов // Молодой исследователь Дона. – 2020. – № 2 (23). – С. 166 – 170.

УДК 621.398; 004.351; 004.352.246

ПОРТАТИВНЫЙ СКАНЕР BAR-КОДОВ И NFC-МЕТОК

студент гр. 913802 Русак И. В.

Научный руководитель - канд. техн. наук Ролич О. Ч.

Белорусский государственный университет

информатики и радиоэлектроники

Минск, Беларусь

Сканеры BAR-кодов и NFC-меток (BAR-NFC) применяются в умных приложениях бесконтактного сбора, хранения и обработки информации, в системах контроля и управления доступом, в торговле, медицине, рекламе, природоведении и иных сферах с целью повышения удобства жизнедеятельности и ускорения процессов принятия решений за счёт автоматизации считывания и анализа данных [1, 2].

На базе современных недорогих и быстродействующих микроконтроллеров имеется возможность разработки портативного сканера BAR-NFC с низким энергопотреблением.

В структуре предлагаемого BAR-NFC-сканера, изображённой на рисунке 1, центральным элементом выступает распространённый микроконтроллер STM32F103x8 с архитектурным ядром ARM Cortex-M3. К нему по интерфейсам UART и SPI подключены непосредственно адаптеры E1005 BAR-кодов и PN532 NFC-меток с несущей частотой 125 кГц. Считанные коды и метки отображаются на символьном двухстрочном дисплее BL0802 и могут быть переданы компьютеру по USB через порт miniUSB связи. Одна из строк символьного дисплея предназначена для визуализации способом бегущей строки значений NFC-меток, а другая – BAR-кодов. Портативность прибора обеспечивается как автономностью его питания от Li-Ion или Li-Pol аккумулятора с миниатюрным блоком заряда и защиты на базе микросхемы TP4056, так и за счёт небольших размеров составляющих его элементов и модулей. Для зарядки аккумулятора предусмотрен стандартный разъём microUSB, для отладки программы – средства интерфейса SWD.

В разработанном BAR-NFC-сканере применяются стандартные интерфейсы I2C, UART, SPI, присущие любому микроконтроллеру, в том числе, наиболее недорогому с небольшим количеством выводов. Поэтому предлагаемая схема достаточно быстро может быть трансформирована в аналогичный прибор на базе микроконтроллера с недорогим ядром ARM Cortex-M0 или с более современным и энергосберегающим ядром ARM Cortex-M33.

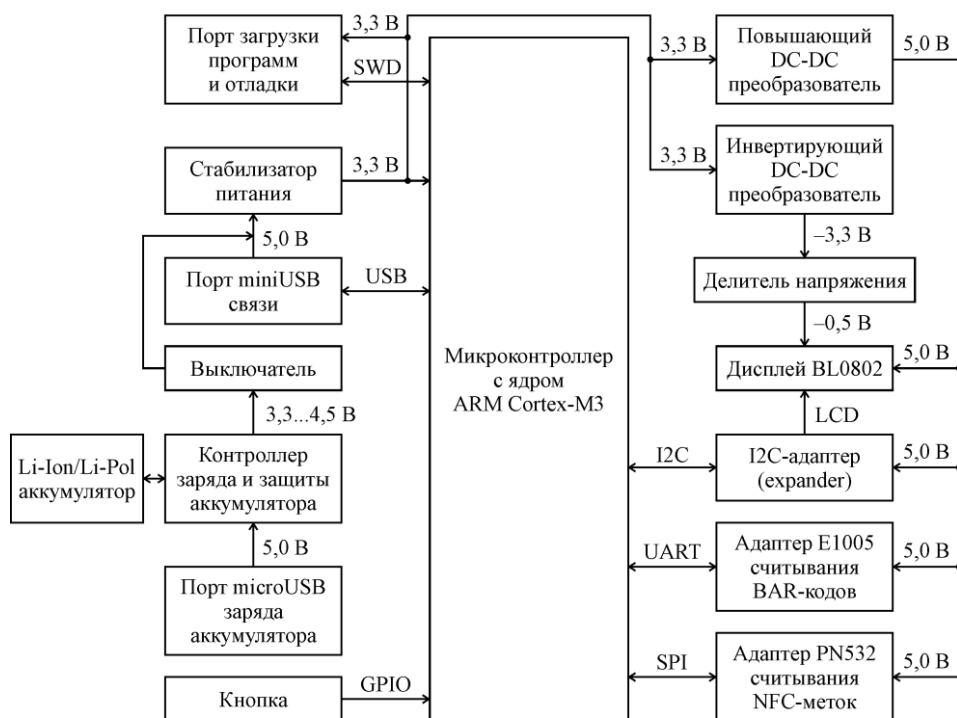


Рис 1. Структурная схема сканера BAR-кодов и NFC-меток.

Кроме структурной электрической схемы, для предлагаемого прибора разработаны схема электрическая принципиальная, печатная плата и действующий макетный образец.

Литература

1. Галкин, П. В. Модель программно-аппаратной системы контроля доступа на базе радиочастотной идентификации / П. В. Галкин, Д. Ю. Штых // Научный взгляд в будущее. – 2019. – Т. 1. – № 12. – С. 9 – 20.
2. Зайцев, М. Г. Устройство доступа на базе RFID-считывателя RC522 и микроконтроллера семейства ARM Cortex-M3 / М. Г. Зайцев, О. Ч. Ролич // Интеллектуальные и сенсорные системы – 2016 : сборник научных трудов по материалам республиканской студенческой научно-технической конференции. – Минск : БНТУ, 2016

УДК 303.723.032.2

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ВЕКТОРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ТЕХНИЧЕСКОМ ЗРЕНИИ

студент гр. 014301 Хотько К. Ю.

Научный руководитель - канд. техн. наук Ролич О. Ч.

Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

В сортировочных комплексах объектами сортировки чаще всего выступают детали правильной геометрической формы, поддающиеся математическому описанию. Поэтому, в отладке алгоритмов функционирования систем технического зрения (СТЗ), входящих в сортировочные комплексы, формы деталей целесообразно векторизовать, независимо препарировать их векторные образы, например, путём зашумления, аффинных и иных преобразований, и таким образом подготовить материал для статистических испытаний алгоритмов СТЗ [1, 2]. Векторные изображения предоставляют возможность масштабирования, поворота, перегруппировки составляющих их примитивов для создания новых изображений на основе исходных объектов-примитивов, изменения формы и размеров без снижения качества.

В решении задач сортировки деталей через распознавание их образов применяется корреляционный анализ. Преимуществами корреляционного анализа является его отлаженность и наличие быстрых алгоритмов вычисления корреляционных функций. Корреляционными считаются все подходы к распознаванию, основанные на построении меры сходства анализируемого изображения z и эталона t [3].

Для исходного изображения $z(i, j)$ и эталона $t(i, j)$ значение функции корреляции изображения с эталоном в точке (x, y) определяется по формуле:

$$R_{tz}(x, y) = \sum_{i=0}^{w-1} \sum_{j=0}^{l-1} t(i, j) * z\left(x + i - \frac{w}{2}, y + j - \frac{l}{2}\right),$$

где i и j – номера соответственно строки и столбца изображения, l и w – длина и ширина изображения эталона (как правило, эталон имеет меньшие размеры, чем исследуемое изображение).

В работе посредством математических уравнений в полярной системе координат векторно смоделированы эталонные образы сортировочных деталей, часть из которых изображена на рисунке 1.



Рис 1. Примеры векторных образов деталей.

В испытаниях и анализе корреляционного алгоритма распознавания образов сгенерирован контейнер-изображение с множеством векторных образов деталей, расположенных в нём на определённых позициях [4]. Результат корреляции образа эталонной детали со сгенерированным изображением-контейнером представлен на рисунке 2.

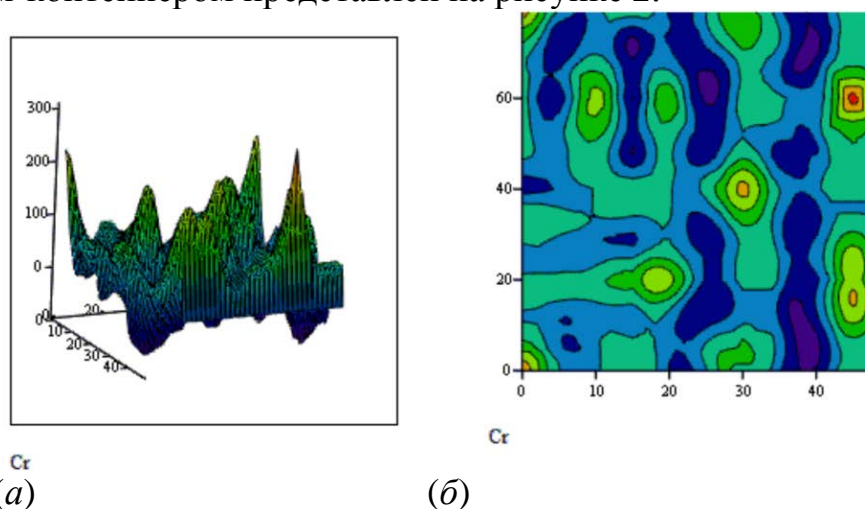


Рис 2. Двухмерная функция корреляции контейнерного изображения с эталоном в виде поверхности (а) и в тахеометрическом виде (б)

Результирующая двухмерная корреляционная функция включает в себя как локальные максимумы, определяющие наличие в контейнерном изображении очередного образа детали (не обязательно эталонной), так и глобальный максимум, указывающий на позицию образа эталонной детали. Глобальный максимум корреляционной функции означает наибольшее и, соответственно, наилучшее совпадение части контейнерного изображения с эталоном. Координаты локальных и глобального максимумов отчётливо видны на тахеометрической интерпретации двухмерной корреляционной функции на рисунке 2, (б) с локализацией образа эталонной детали в правой верхней четверти.

Корреляционные методы обнаружения и распознавания образов отличаются относительной простотой, но из-за шумов, искажений и отсутствия априорной информации о форме и структуре объекта практически невозможно добиться полного совпадения с эталоном.

Поэтому эталон, как правило, лишь приближенно описывает объект с учётом метрических его характеристик, в частности, цепного кода.

Литература

1. Сбродов, Н. Б. Исследование автоматизированной станции сортировки деталей фирмы FESTO / Н. Б. Сбродов. – Курган : КГУ, 2015 – 28 с.
2. Левашкин, Д. Г. Управление мехатронными системами распределения и сортировки на базе модульной учебной станции FESTO / Д. Г. Левашкин, А. С. Селиванов, С. А. Мальцев. – Тольятти : ТГУ, 2016 – 63 с.
3. Харченко, М. А. Корреляционный анализ / М. А. Харченко // Учебное пособие для вузов. – Воронеж : ВГУ, 2008. – 31 с.
4. Кастюкевич, Д. В. Корреляционный анализ векторных изображений / Д. В. Кастюкевич, О. Ч. Ролич // Интеллектуальные, сенсорные и мехатронные системы: сборник научных трудов (по материалам студенческих научно-технических конференций) – Минск: БНТУ, 2018. – С. 29 – 32.

УДК 004.383.3; 004.67; 621.317.616

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗВУКОВОГО СИГНАЛА НА ОСНОВЕ БЫСТРОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ХАРТЛИ ДЛЯ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO

студент гр. 913802 Белов А. Д.

Научный руководитель - канд. техн. наук Ролич О. Ч.

Белорусский государственный университет

информатики и радиоэлектроники

Минск, Беларусь

Спектральный анализ, наряду со статистическим, является одним из основных инструментов обработки пространственно-временных числовых рядов, массивов и потоков данных [1, 2].

Базовый оператор спектрального анализа – это Фурье-преобразование, оперирующее комплексными числами. Т.к. комплексное число имеет две составляющие (действительную и мнимую), то и объём арифметических вычислений (сложений и умножений) в Фурье-преобразовании, как минимум, удваивается. На практике же для быстрых вычислений в спектральном или квазиспектральном анализе следует использовать преобразование или алгоритм без комплексных чисел. Таковым, в частности, выступает преобразование Хартли [3, 4]:

$$h_n = \sum_{k=0}^{N-1} f_k \text{cas} \left(\frac{2\pi}{N} kn \right),$$

где $f[N]$ – входной числовой массив длиной N , $\text{cas}(x) = \cos(x) + \sin(x)$.

Быстрое преобразование Хартли (БПХ) на 36% производительней по сравнению с быстрым преобразованием Фурье (БПФ) [3, 5]. Данный факт подтверждается авторскими исследованиями в задаче спектрального анализа звукового сигнала на платформе Arduino [6].

В ходе работы на базе микроконтроллера ATmega328 создана программная реализация БПХ для звукового сигнала, получаемого с микрофона. Частота дискретизации равна 38.4 кГц. В качестве микрофонного модуля использована плата с усилителем MAX9814. С применением библиотеки ArduinoFHT общее количество умножений для получения N выходных отсчётов преобразования Хартли составляет $(N/2) \cdot \log_2 N$, что обеспечивает существенное повышение быстродействия и позволяет выполнять измерения в реальном масштабе времени. Для визуализации спектра использованы две светодиодные матрицы 8x8 с драйвером MAX7219 и библиотека Max72xxPanel. SPI-драйверы MAX7219

управления светодиодными матрицами соединены каскадно, что отражено на структурной схеме моделируемого прибора рисунка 1.

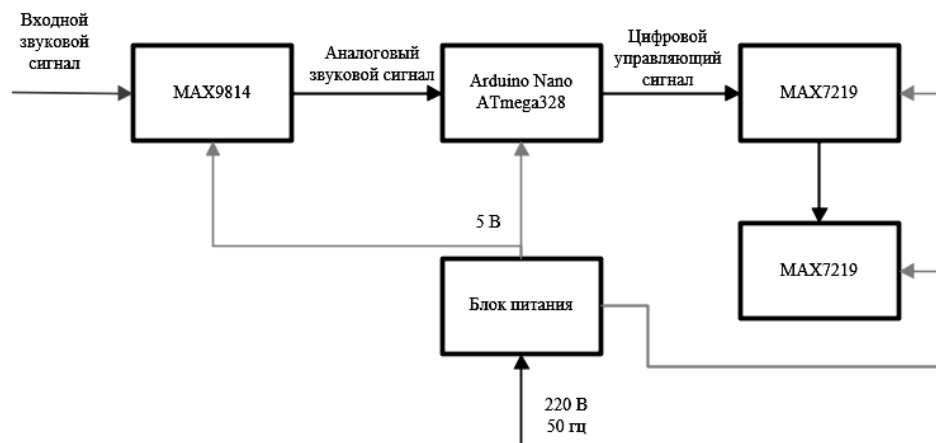


Рис 1. Структурная схема экспериментального макета.

В результате на базе Arduino NANO разработана модель спектроанализатора звукового сигнала с применением БПХ, позволяющего в режиме реального времени вычислять и строить на светодиодном матричном дисплее спектр входного аналогового звукового сигнала. Данный прибор предназначен для упрощения настройки акустического оформления студии или безэховой камеры.

Литература

1. Гундина, М. А. Спектральный анализ сигнала в системе Wolfram Mathematica / М. А. Гундина // Наука и техника. – 2021. – Т. 20. – № 2. – С. 173 – 178. – Режим доступа: <https://sat.bntu.by/jour/article/download/2433/2122>.
2. Выдрин, Д. Ф. Быстрое преобразование фурье в цифровой обработке сигналов / Д. Ф. Выдрин, Ю. Р. Абзалилова, А. К. Вдовин // Теория и практика современной науки. – 2017. – № 2 (20). – С. 1 – 5. – Режим доступа: <https://docplayer.com/62382243-Bystroe-preobrazovanie-fure-v-cifrovoy-obrabotke-signalov.html>.
3. Матвеев, Ю. Н. Цифровая обработка сигналов. – СПб: СПбНИУ ИТМО, 2013. – 166 с. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/256403519_Cifrova_obrabotka_signalov_uchebnoe_posobie_Digital_Signal_Processing_Tutorial.
4. Брейсуэлл, Р. Преобразование Хартли / Р. Брейсуэлл. – Москва: Мир, 1990. – 175 с. – Режим доступа: http://tka4.org/materials/lib/Articles-Books/Numerical Algorithms/ Hartley_Transform/HartlyTransform.pdf.
5. Аверченко, А. П. Оценка выигрыша вычислительных затрат

преобразования Хартли перед преобразованием Фурье / А. П. Аверченко, Б. Д. Женатов // Омский научный вестник. – 2015. – № 2 (140). – С. 190 – 194. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/15898796.pdf>.

6. Павлов, А. Цифровой анализатор спектра / А. Павлов. – 2019. – Режим доступа: <https://vadym388.wixsite.com/piclab/forum/razrabotki-studentov/cifrovoy-analizator-spektra>.

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ В РЕЖИМЕ УДАЛЕННОГО ДОСТУПА

студент гр. 10306119 Науменко В. А.

Научный руководитель – ст. преподаватель Полынькова Е. В.

Белорусский национальный технический университет Минск,
Беларусь

1 Настройка управления лабораторным стендом NI ELVIS с помощью программной среды LabVIEW

1.1 NI ELVIS, Предназначение и применение

NI ELVIS — это модульная образовательная лабораторно-техническая платформа, разработанная специально для учебных заведений. NI ELVIS включает осциллограф, цифровой мультиметр, генератор функций, регулируемое питание, анализатор Боде и другие распространенные лабораторные приборы. Можно подключать ПК к NI ELVIS через USB и создавать схемы на съемной плате прототипирования. NI ELVIS интегрирует сбор данных и управление в каждую задачу проектирования с помощью 16 аналоговых вводов, четырех аналоговых выводов и 40 цифровых линий ввода-вывода. Изображение лабораторного стенда NI ELVIS представлено на рисунке 1. На рисунке 2 изображена схема размещения компонентов системы NI ELVIS на базе настольного компьютера.

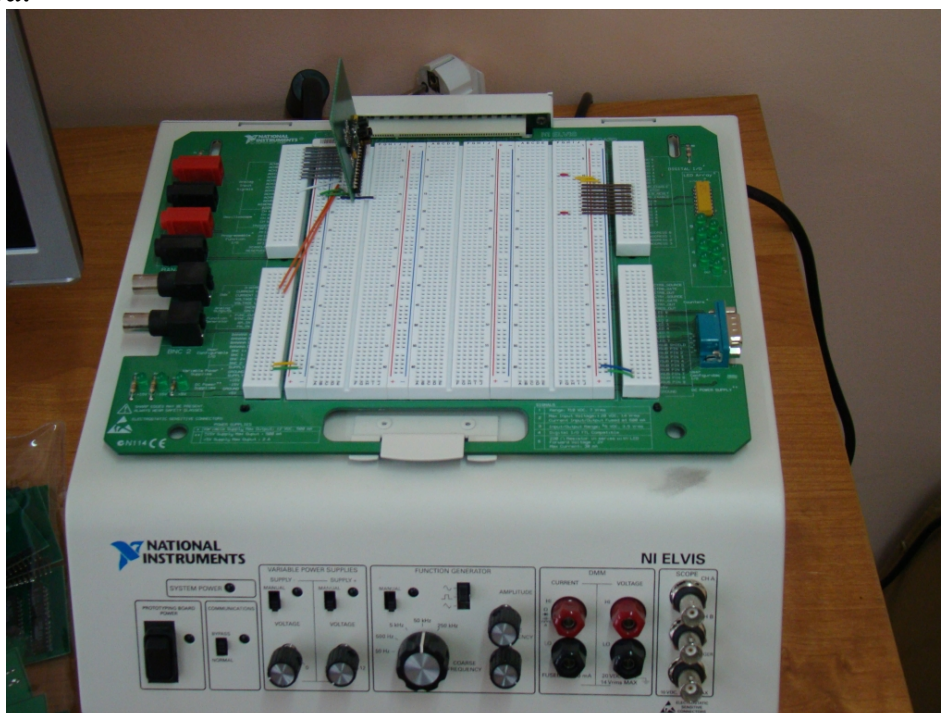


Рисунок 1 – Лабораторный стенд NI ELVIS

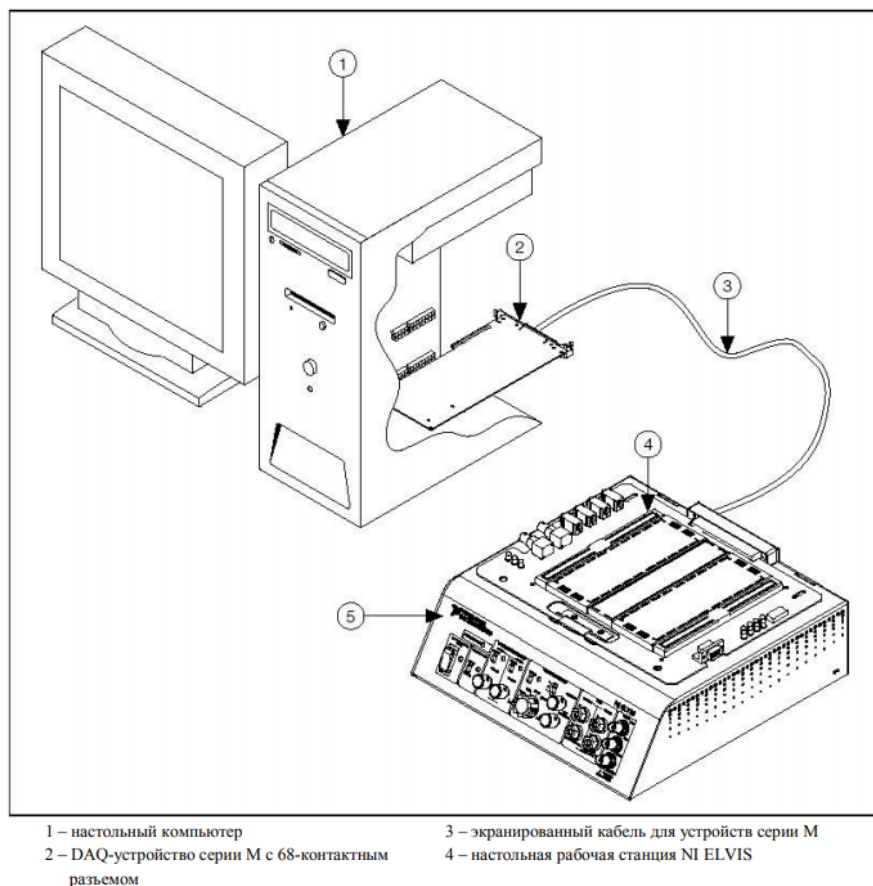


Рисунок 2. Схема системы

NI ELVIS разработан именно для проведения учебных инженерных экспериментов студентами, но собираемые схемы на плате прототипирования управляются прямо на ней, поэтому с целью большей наглядности и лучшего понимания принципов работы схем была предпринята попытка создания объединенной системы NI ELVIS+LabVIEW, в которой собираемая на плате прототипирования схема управлялась через программную среду LabVIEW. В данном стенде в качестве устройства ввода-вывода информации используется NI-6251. 16 ан. вх. (16 бит, 1,25 МВыб/с), 2 ан. вых. (2,86 МВыб/с), 24 цифр. ввода-вывода, многофункциональное устройство ввода-вывода USB—USB-6251 предлагает аналоговый ввод/вывод, цифровой ввод/вывод, два 32-битных счетчика/таймера и цифровой запуск. К устройству можно подключить датчики и добавить возможность измерения высокого напряжения с помощью модулей согласования сигналов SCC или SCXI. Комплектный драйвер NI-DAQmx и утилита конфигурирования упрощают процесс настройки и измерений. Палитра, отвечающая за работу с NI ELVIS доступна на лицевой панели программы (рисунок 3).

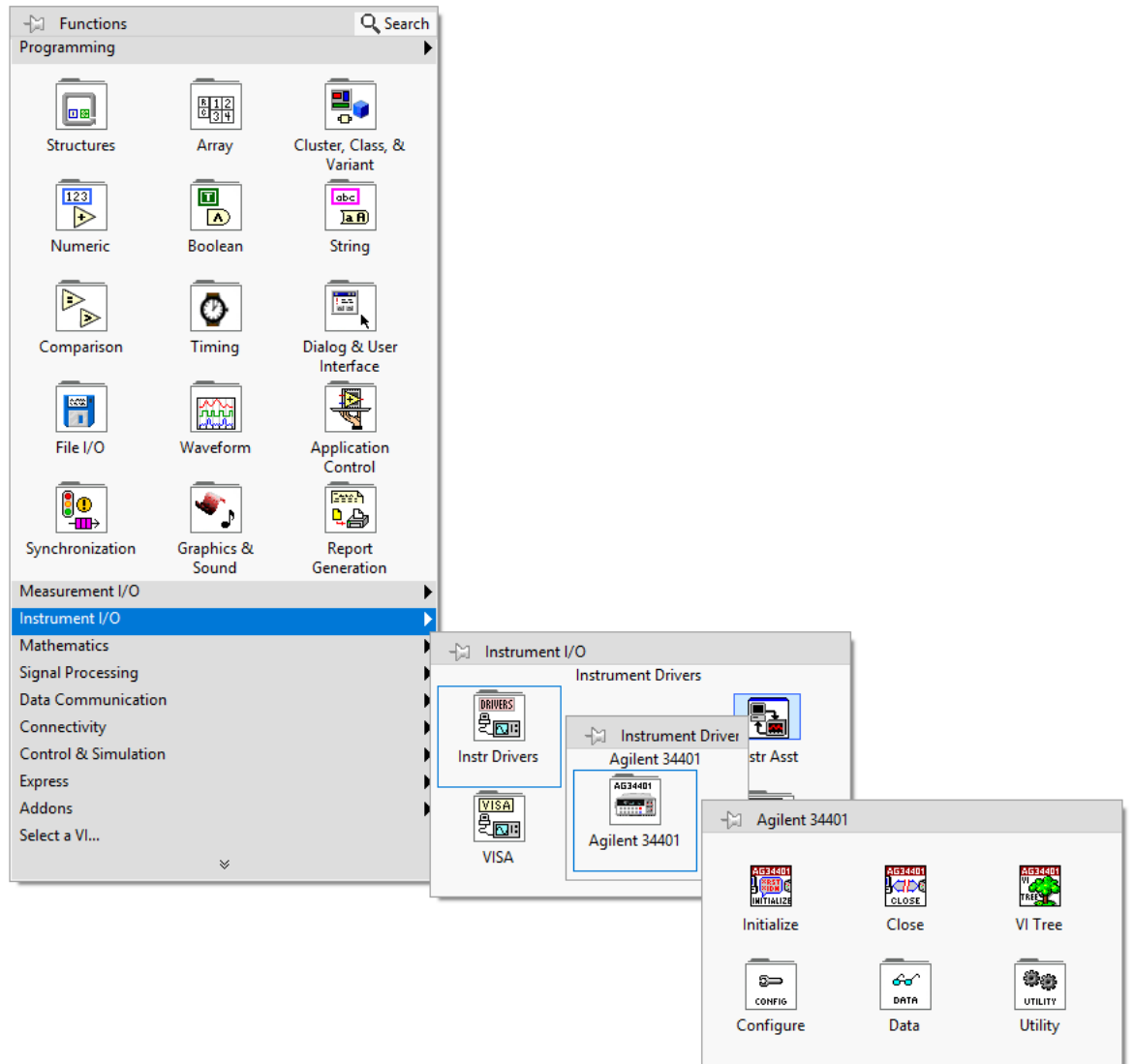


Рисунок 3 – Палитра LabVIEW

1.2 Управление микросхемой K155ИЕ5 с помощью среды LabVIEW на стенде NI ELVIS

Микросхема K155ИЕ5 является четырехразрядным двоичным асинхронным счетчиком пульсаций. Её внешний вид, характеристики и УГО изображены на рисунке 4.

Счетчик K155ИЕ5 имеет две части: делитель на 2 (выход Q0, тактовый вход C0) и делитель на восемь (выходы Q1 — Q3, тактовый вход C1).

Микросхема К155ИЕ5

Характеристики К155ИЕ5

Серия	К155 ТТЛ
Корпус	201.14-1(DIP14)
Напряжение питания	5В

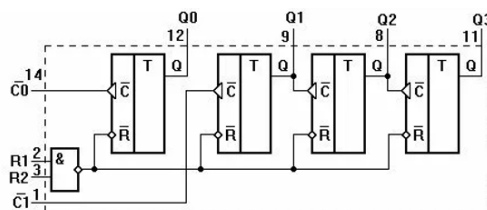
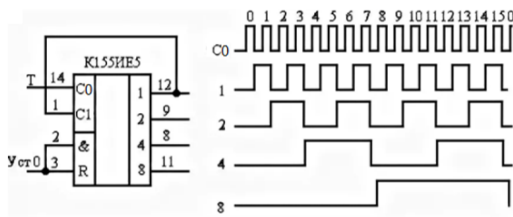


Рисунок 4 – Микросхема К155ИЕ5

Иные электрические параметры представлены на рисунке 5.

Электрические параметры				
Параметры	Условия	К155ИЕ5	КМ155ИЕ5	Ед. изм.
Аналог	—	SN7493N, 7493PC, UCY7493N, CDB493E, MH7493A	SN7493AJ	—
Номинальное напряжение питания	—	5±5%	5±5%	В
Выходное напряжение низкого уровня	при $U_n = 4,75$ В	≤0,4	≤0,4	В
Выходное напряжение высокого уровня	при $U_n = 4,75$ В	≥2,4	≥2,4	В
Напряжения на антизвонном диоде	при $U_n = 4,75$ В	≥1,5	≥1,5	В
Входной ток низкого уровня	по входам установки в 0 при $U_n=5,25$ В	≤-1,6	≤-1,6	мА
	по счетным входам C1 и C2 при $U_n= 5,25$ В	≤-3,2	≤-3,2	
Входной ток высокого уровня	по входам установки в 0 при $U_n=5,25$ В	≤-0,04	≤-0,04	мА
	по счетным входам C1 и C2 при $U_n= 5,25$ В	≤0,08	≤0,08	

Рисунок 5 – Дополнительные электрические параметры микросхемы К155ИЕ5

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО МЕТОДИЧЕСКОГО ПОСОБИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ОТОБРАЖЕНИЕ ПЛОСКОСТЕЙ ПРИ БИЛИНЕЙНОМ ПРЕОБРАЗОВАНИИ»

студент гр. 10306119 Жолуд Е. И.,

Научный руководитель – доцент Романюк Г. Э.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Электронный учебник необходим для самостоятельной работы учащихся, потому что он:

1. облегчает понимание изучаемого материала за счет иных, нежели в печатной учебной литературе, способов подачи материала: индуктивный подход, воздействие на слуховую и эмоциональную память и т.п.;

2. допускает адаптацию в соответствии с потребностями учащегося, уровнем его подготовки, интеллектуальными возможностями и амбициями;

3. освобождает от громоздких вычислений и преобразований, позволяя сосредоточиться на сути предмета, рассмотреть большее количество примеров и решить больше задач;

4. предоставляет широчайшие возможности для самопроверки на всех этапах работы;

5. позволяет разбить файл на отдельные странички для удобства пользования с возможностью легкого перехода с одной страницы на другую.

Электронный учебник полезен на практических занятиях в специализированных аудиториях потому, что он:

1. позволяет использовать компьютерную поддержку для решения большего количества задач, освобождает время для анализа полученных решений и их графической интерпретации;

2. позволяет преподавателю проводить занятие в форме самостоятельной работы за компьютерами, оставляя за собой роль руководителя и консультанта;

3. позволяет преподавателю с помощью компьютера быстро и эффективно контролировать знания учащихся, задавать содержание и уровень сложности контрольного мероприятия.

Электронный учебник удобен для преподавателя потому, что он:

1. позволяет выносить на лекции и практические занятия материал по собственному усмотрению, возможно, меньший по объему, но наиболее существенный по содержанию, оставляя для самостоятельной работы с ЭУ то, что оказалось вне рамок аудиторных занятий;

2. освобождает от утомительной проверки домашних заданий, типовых расчетов и контрольных работ, передоверяя эту работу компьютеру;
3. позволяет оптимизировать соотношение количества и содержания примеров и задач, рассматриваемых в аудитории и задаваемых на дом;
4. позволяет индивидуализировать работу со студентами, особенно в части, касающейся домашних заданий и контрольных мероприятий.

Было разработано электронное методическое пособие по дисциплине «Системы автоматического управления», в котором представлены лабораторные работы.

В качестве языка программирования для создания электронного методического пособия был выбран язык разметки HTML (HyperText Markup Language).

HyperText Markup Language — стандартизированный язык разметки документов для просмотра веб-страниц в браузере. Веб-браузеры получают HTML документ от сервера по протоколам HTTP/HTTPS или открывают с локального диска, далее интерпретируют код в интерфейс, который будет отображаться на экране монитора.

Элементы HTML являются строительными блоками HTML страниц. С помощью HTML разные конструкции, изображения и другие объекты, такие как интерактивная веб-форма, могут быть встроены в отображаемую страницу. HTML предоставляет средства для создания заголовков, абзацев, списков, ссылок, цитат и других элементов.

HTML-документ — это обычный текстовый документ, который может быть создан как в обычном текстовом редакторе (Блокнот), так и в специализированном, с подсветкой кода (Notepad++, Visual Studio Code и т.п.). HTML-документ имеет расширение .html.

Главное преимущество языка разметки HTML, что его можно сохранить как ссылку на веб-страницу, где отобразится вся информация, прописанная в коде и это не займет большого места. И может быть распространено на любой компьютер посредством флешки и компьютеру не обязательно иметь включенный интернет. Именно благодаря этим причинам и был выбран HTML.

В разработанном методическом пособии представлены следующие темы:

1. Отображение плоскостей при билинейном преобразовании.
2. Лабораторная работа №1.
3. Пример.
4. Индивидуальные задания.
5. Лабораторная работа №2.

6. Построение областей качества.

7. Литература.

Работа с пособием происходит следующим образом: в начале работы открывается титульный лист. При нажатии кнопки «далее» происходит переход к содержанию, в котором отображены перечисленные выше темы. При выборе необходимой темы открывается ее информация. Внизу страницы находятся кнопки «Предыдущая страница», «Содержание», «Следующая страница», по которым можно путешествовать по методическому пособию.

Таким образом рассмотрены темы необходимые для самостоятельной работы, даны примеры решения, выданы задания для лабораторных работ и представлена литература, которая использовалась при составлении методического пособия.

ИНТЕРАКТИВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА С ПОДДЕРЖКОЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

студент 5 гр. Устинский Н. А.

*Научный руководитель - канд. техн. наук,
доцент Головатая Е. А.*

Белорусский государственный университет
Минск, Беларусь

Цель работы - разработать обучающую платформу на основе технологий виртуальной реальности.

Из опубликованных данных за 2020 год следует, что виртуальная реальность занимает уже 21% используемых технологий в компаниях стран СНГ. Уже сейчас очки виртуальной реальности широко применяются в IT индустрии, медицине, кино, разработке игр, в сфере продажи недвижимости, в экспериментальных научных исследованиях и рекламном бизнесе. Наилучшее же применение технологий виртуальной было выявлено в обучающем секторе. Технологии виртуальной реальности обеспечивают высокую степень погружённости в учебный процесс, что позволит максимизировать полезный эффект от взаимодействия с платформой.

Рынок виртуальных технологий становится всё популярнее и востребованнее, в соответствии с опубликованной статистикой доход рынка систем виртуальной реальности на данный момент составляет больше 4 миллиардов долларов \$ США.

Для создания собственной платформы в работе проведён анализ существующих платформ, выведен список критериев и требований к подобным системам, определены программные средства и план разработки. Для платформы выбран игровой движок (game engine) Unity, так как он обеспечивает всю необходимую функциональность, имеет бесплатную версию лицензии и не требователен к техническим характеристикам компьютера. Для упрощения разработки была использована бесплатная общедоступная библиотека Google Virtual Reality Toolkit Box и библиотеки для технологии «Raytracing».

Для проверки усвоения полученных знаний также разработано Android-приложение (рис. 1) для тестирования обучающихся. Вынесение функциональности по контролю знаний в отдельное приложение обусловлено необходимостью переключения внимания и отдыха зрительной системы обучающегося.

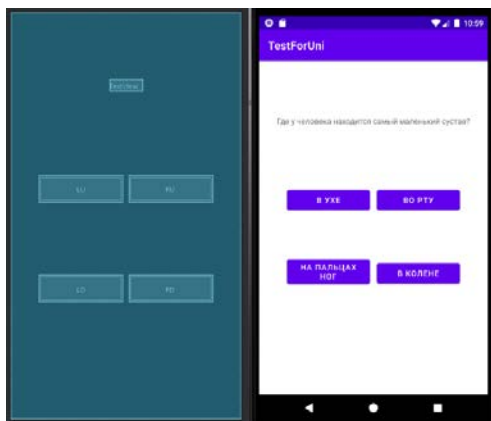


Рис 1. Разметка и интерфейс проверочного теста

На данный момент разработано два обучающих модуля-симуляции (рис. 2).

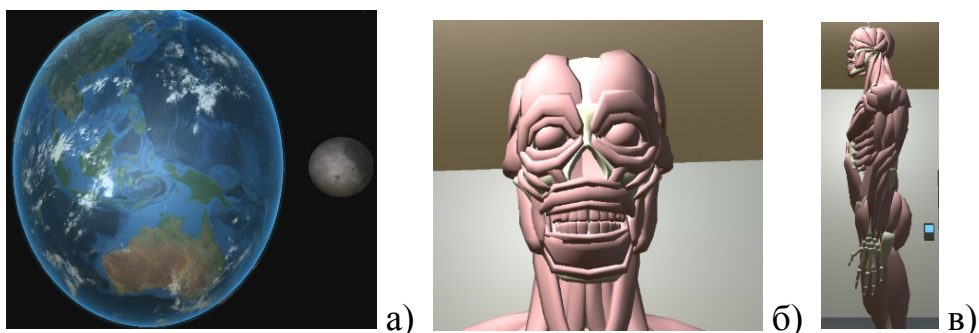


Рис 2. Скриншоты запущенных модулей платформы по астрономии и анатомии: а) фрагмент модели солнечной системы(земля и луна); б) анатомическая модель тела спереди; в) анатомическая модель тела сбоку

Для упрощения планирования разработки и непосредственно самой реализации платформы была сделана схема отношений отдельных ядер и модулей (рис. 3).

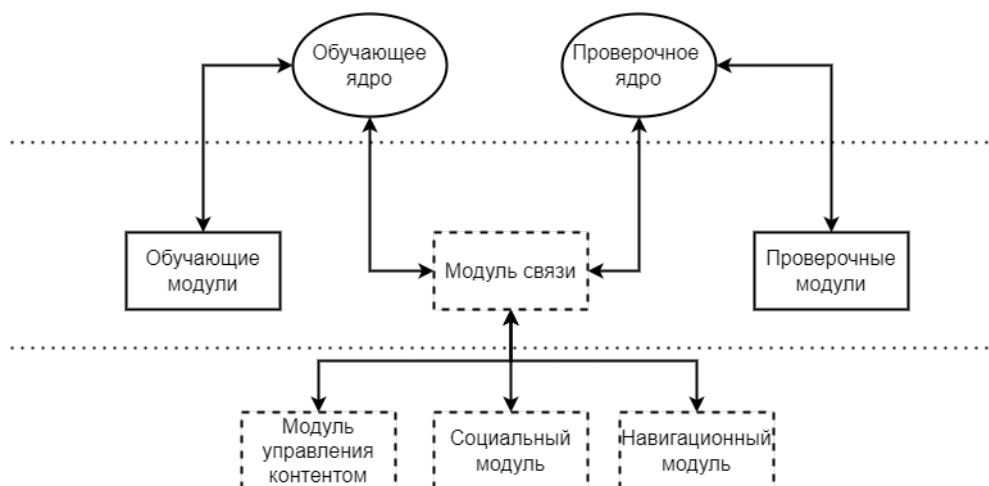


Рис 3. Схема отношений отдельных ядер и модулей платформы

Один из важных этапов разработки – создание модуля связи, который соединяет процессы обучения и проверки знаний, а в будущем позволит проводить развитие платформы независимо от участия главного разработчика (например, при расширении платформы под нужды конкретного учреждения образования).

Таким образом, на основе разработанной учебной платформы с использованием движка Unity, разработаны Демо-версии обучающего и проверочных ядер и модулей. После создания и интеграции модуля связи вся разработка платформы проводится с минимальными затратами человеко-часов.

Литература

1. ПО для разработки виртуальной реальности | Система VR | Unity [Электронный ресурс]: Вводная информация по использованию движка в VR. – Режим доступа: <https://unity.com/ru/unity/features/vr>. – Дата доступа: 23.10.2021.

2. Unity - Руководство: Руководство Unity (unity3d.com) [Электронный ресурс]: Документация по эксплуатации движка. – Режим доступа: <https://docs.unity3d.com/ru/530/Manual>. – Дата доступа: 23.10.2021.

3. Мирослава Бронникова, Иван Нефедьев / Игрофикация в бизнесе и в жизни. Преврати рутину в игру!. – Москва: АСТ, 2019. – 448 с.

4. Официальный сайт ведомства Nasa. – nasa.gov [Электронный ресурс]: Небесные панорамы и звёздные карты. – Режим доступа: <https://svs.gsfc.nasa.gov/3895>. – Дата доступа: 12.11.2021

5. Самая крупная библиотека 3d моделей. – open3dmodel.com [Электронный ресурс]: Трёхмерная модель человеческого тела. – Режим доступа: https://open3dmodel.com/ru/3d-models/3d-model-anatomy-body-skeleton-with-muscles_180078.html. – Дата доступа: 09.12.2021

УДК 004.946

**СОВРЕМЕННЫЙ УРОВЕНЬ РАЗВИТИЯ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ВИРТУАЛЬНОЙ
РЕАЛЬНОСТИ**

магистрант Шан Вэньли

Научный руководитель – канд. техн. наук Головатая Е. А.

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

В работе рассматривается текущая ситуация в области преподавания с использованием средств виртуальной реальности в стране и за рубежом, характеристики, проблемы и значение данной технологии.

Технология виртуальной реальности создает ориентированное на человека виртуальное пространство, имитируя функции зрительных, слуховых, тактильных и других органов чувств человека, позволяя людям погрузиться в виртуальный мир, созданный компьютером, и взаимодействовать с ним в реальном времени посредством языка, жестов, органов чувств и других естественных способов. Пользователи могут не только испытать «иммерсивный» реализм, соответствующий физическому миру, но и прорваться сквозь время, пространство и другие объективные ограничения, чтобы испытать опыт, недоступный им в реальном мире. Виртуальная реальность может широко использоваться для создания учебных сценариев, повышения образности и интереса к учебному контенту, а также для симуляционного обучения. Данный подход к обучению может не только уменьшить трудности и опасности некоторых учебных операций в реальном пространстве, но и привести к значительному снижению стоимости обучения.

Системы виртуальной реальности имеют различные критерии, по которым они могут быть классифицированы. В ходе анализа выделены три основные категории.

1. Настольные системы виртуальной реальности – это системы виртуальной реальности, основанные на платформе ПК, которые в основном используют графические рабочие станции и стереоскопические дисплеи для создания виртуальных ситуаций, где участники могут использовать дополнительные элементы управления: перчатки, 3D-мыши, устройства обратной связи по усилию или другие устройства ввода для реализации технологии виртуальной реальности [1].

Хотя настольные системы виртуальной реальности не обладают эффектом и производительностью полного погружения, они чаще используются из-за своей относительно низкой стоимости. Поэтому такие системы считаются первичным применением и начальным этапом исследования технологии виртуальной реальности.

2. Иммерсивные системы виртуальной реальности. Иммерсивные системы виртуальной реальности обеспечивают участникам полное погружение, давая пользователю ощущение присутствия в виртуальном мире. Они характеризуются использованием шлема виртуальной реальности для подмены восприятия на основе органов зрения и слуха пользователя. Дополнительно могут использоваться перчатки для создания виртуального чувства осязания и распознавание голоса, позволяющие участникам отдавать оперативные команды. Также иммерсивные системы могут быть реализованы на основе *save*-систем.

3. Распределенная система виртуальной реальности. Системы распределенной виртуальной реальности (DVR) основаны на сетевой виртуальной среде, в которой одновременно участвуют несколько пользователей. Распределенные системы виртуальной реальности характеризуются возможностью работы в реальном времени, совместного использования ресурсов и взаимодействия с пользователями [2].

Статус исследований в области преподавания виртуальной реальности в стране и за рубежом

Ряд зарубежных компаний уже исследовали образовательные системы с использованием технологии виртуальной реальности, а некоторые колледжи уже используют подобные образовательные системы. Примером может служить разработка обучающих станций компании *zSpace*. Обучающимся предлагаются рабочие места, оснащенные высокопроизводительными компьютерами, поляризационными очками и стилусами, позволяющими учащимся манипулировать виртуальными 3D-объектами, что повышает эффективность обучения [3].

Еще одной значительной разработкой является «*IES Immersive Classroom*», которая обеспечивает полное решение для образовательных приложений на основе виртуальной реальности в Китае. Другие китайские компании, в том числе *New Oriental*, *Baidu*, *Qiaoq Interactive*, *NetDragon*, *Annie* и *Xiamen ChuangYi Software* и т.д. предлагают ряд решений для детских образовательных систем, внедрения классов виртуальной реальности в удаленных горных районах, для обучения иностранным языкам с поддержкой виртуальных сценариев практических занятий, облачные платформы с поддержкой функций виртуальной реальности [4]. Во многих университетах открываются кафедры и лаборатории, специализирующиеся на исследовании технологий виртуального моделирования, что говорит о том, что технология виртуальной реальности будут находить всё более широкое применение в образовании [5].

Преимущества и недостатки виртуального обучения VR

К достоинствам образовательных систем на основе виртуальной реальности можно отнести:

– Возможность создания реалистичной виртуальной среды, которая позволяет студентам испытать принципы работы каждого компонента изучаемой системы, которые невозможно наблюдать на практических занятиях на реальной машине.

– Использование параллельной интерактивности системы. Студенты и преподаватели могут взаимодействовать друг с другом, как при обычном обучении, переживая ситуации, недоступные для классического воспроизведения [6].

– Отсутствие ограничений по сравнению с традиционными методами обучения, что экономит время и повышает эффективность обучения студентов, при этом появляется возможность адаптации системы под интересы конкретного обучающегося.

– Поддержка удаленного обучения с привлечением сторонних специалистов без дополнительных затрат.

Проблемы, с которыми сталкивается виртуальное обучение VR:

– Несоответствие между содержанием программного обеспечения и качеством оборудования. Исследователи виртуальной реальности постоянно совершенствуют аппаратуру, но поскольку оборудование виртуальной реальности имеет достаточно высокую стоимость, оно не получило широкого распространения и использования, поэтому инновационный контент отсутствует. При этом в образовании ценятся содержание, качество и новизна; содержание является основополагающим, а технология – средством достижения цели. Поэтому нехватка и невозможность отображения постоянно обновляющегося инновационного контента приведет только к начальной заинтересованности обучающегося, не позволяя достичь длительного эффекта обогащения знаниями и стимулирования творческого потенциала.

– Физический дискомфорт при длительном ношении устройства. У студентов в процессе использования может наблюдаться головокружение и тошнота. Головокружение вызывается диссонансом между изображением, воспринимаемым глазами, и движением, воспринимаемым телом. Исследования показывают, что задержка между движением головы и полем зрения не должна превышать 20 мс, иначе возникнет головокружение, что может быть вычислительно выполнимо не для всех устройств. Для преодоления данной проблемы постоянно разрабатываются новые подходы и аппаратные решения.

– Несовершенство существующей функциональности и пользовательского опыта. Большинство современных образовательные

систем на основе виртуальной реальности все еще предоставляют только простые 3D-сцены, которые используются для общего иллюстрирования содержания курса.

– Отсутствие большой библиотеки ресурсов. Идеальная система виртуального образования должна иметь огромную библиотеку ресурсов, чтобы удовлетворить потребности пользователей. Для реализации всего этого требуется большой объем памяти, так как необходимо хранить не только все теоретические знания по предмету, трехмерные изображения сцен симуляции, но и записи об обучении студентов, ресурсы, связанные с запросами студентов, ресурсы оценочных работ преподавателей и так далее.

– Высокие требования к пропускной способности сети при использовании распределенных систем.

Традиционная модель образования уже не в состоянии удовлетворить потребности современного общества в человеческих ресурсах. Это пассивная модель образования, в которой учитель говорит, а ученики следуют за ним, и совершенно невозможно выявить индивидуальность и новаторство учеников. При таком способе обучения студентам трудно быть активными и мотивированными, и эффективность их обучения не достигает максимума. Использование виртуальных обучающих систем позволяет преодолеть ограничения времени и пространства, смоделировать различные проблемы, с которыми сталкиваются студенты в своей учебной работе, построить модели различных гипотез, выдвигаемых студентами, стимулировать творческий потенциал студентов и одновременно облегчить обучение их практическим навыкам. В то же время школы могут использовать образовательные системы виртуальной реальности для создания различных виртуальных лабораторий по физике, химии, биологии и географии, что позволяет экономить на экспериментальных материалах и при этом допускать неограниченное количество итераций. Таким образом, если технология виртуальной реальности будет органично интегрирована в образование, разрыв между образованием и социальными потребностями будет сокращен, что окажет положительное влияние на будущее образования.

Литература

1. Иванько А. Ф., Иванько М. А., Бурцева М. Б. Дополненная и виртуальная реальность в образовании //Молодой ученый. – 2018. – №. 37. – С. 11–17.
2. Носов Н. А. Образование и виртуальная реальность //Телекоммуникации и информатизация образования. – 2001. – №. 3. – С. 80-86.

3. Елесин С. С., Фещенко А. В. Виртуальная реальность в образовании: сомнения и надежды //Гуманитарная информатика. – 2016. – №. 10. – С. 109–114.

4. Уваров А. Ю. Технологии виртуальной реальности в образовании //Наука и школа. – 2018. – №. 4.

5. Каракозов С. Д., Рыжова Н. И., Королева Н. Ю. Виртуальная реальность: генезис понятия и тенденции использования в образовании //Информатика и образование. – 2020. – №. 10. – С. 6–16.

6. Курзаева Л. В. И др. К вопросу о применении технологии виртуальной и дополненной реальности в образовании //Современные проблемы науки и образования. – 2017. – №. 6. – С. 216–216.

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УЗ «Глусская ЦРБ»

студент гр. 5КБ Буевский И. В.

Кафедра интеллектуальных систем

Научный руководитель – профессор Садов В. С.

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

Введение

В настоящее время происходит глобальное внедрение и интеграция цифровых технологий во все сферы жизни человека. Цифровизация преобразует социальную сферу жизни людей. Она открывает дополнительные возможности для получения новых знаний, расширения кругозора, освоения новых профессий и повышения квалификации.

В Беларуси в сфере медицинского обслуживания в большом количестве учреждений здравоохранения, если не во всех, уже внедрены информационные системы в большей или меньшей степени. Но до сих пор во многих учреждениях основным носителем информации являются журналы, папки с бумагами. Исходя и вышеизложенного, несмотря на наличие заметных положительных тенденций, уровень цифровизации белорусского здравоохранения нельзя считать удовлетворительным.

В качестве примера такой ситуации, где в учреждении здравоохранения частично внедрена информационная система будет рассматриваться УЗ «Глусская ЦРБ», в частности, её структурное подразделение - поликлиника. В учреждении внедрены элементы информационной медицинской системы «Поликлиника» от производителя ЗАО «МАПСОФТ». В следствие того, что в учреждении здравоохранения внедрена проприетарная информационная система, которая закрыта для расширения и интеграции с другими системами и она реализована не полностью существует ряд проблем таких, как отсутствие амбулаторной карты пациента в электронном виде, полного аналога физической карте, отсутствие возможности хранения информации о пациенте в графическом виде. Но в то же время вся графическая информация о пациентах такая, как рентгеновские снимки, кардиограммы, запись холтера, хранится в архиве, либо в физических амбулаторных картах.

Цель работы: создание модели системы информационного обеспечения специалистов графической информацией о пациентах.

Задачи работы:

- Проанализировать структуру информационного обеспечения структурного отделения поликлиника УЗ «Глусская ЦРБ»;
- Разработать модель информационного обеспечения; структурного отделения поликлиника УЗ «Глусская ЦРБ»;

- Разработать модель системы хранения и обеспечения врачей графической информацией.

Структура установленных модулей информационной медицинской системы «Поликлиника»

В подразделении поликлиника УЗ «Глусская ЦРБ» установлена информационная система «Поликлиника» от производителя ЗАО «МАПСОФТ» основные модули которой показаны на рис. 1.



Рис. 1. Структура программных модулей информационной системы «Поликлиника»

Из рисунка 1 видно, что в программный комплекс входит модуль для хранения флюорограмм, но нет модуля для хранения рентгенограмм, электрокардиограмм и т.д. Модуль для выполнения этих задач выделен желтым цветом на рисунке.

Дополнительно в информационную систему поликлиники входят системы межведомственного документооборота, республиканская система телемедицинского консультирования, автоматизированная система инвентаризации и мониторинга информационно-технической инфраструктуры. Также внедрены системы РИАС «Кадры», АИС «Сахарный диабет», АРМ «Статистика», АРМ «Иммунопрофилактика» и АРМ «Диспансеризация».

Схема устройства сети информационной системы в поликлинике УЗ «Глусская ЦРБ»

После посещения УЗ «Глусская ЦРБ» и исследования физического устройства, расположенной там информационной системы, была выполнена

схема сети ИС. На рис. 2 изображена структурная схема сети информационной системы в поликлинике УЗ «Глусская ЦРБ».

В поликлинике УЗ «Глусская ЦРБ» развернута локальная сеть с 33 точками подключения. Программным обеспечением ЗАО «МАПСОФТ» оснащены 26 ПК, расположенных на рабочих местах врачей.

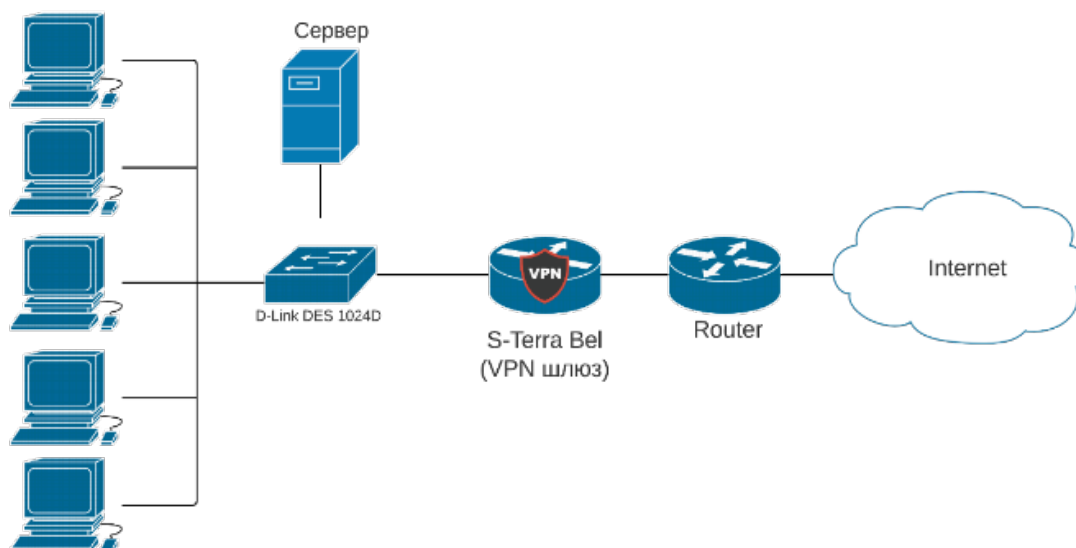


Рис. 2. Схема устройства сети информационной системы УЗ «Глусская ЦРБ»

Основная часть информационной системы базируется на локальном сервере. На нём расположена серверная часть программного комплекса, отвечающая за связь между ПК на рабочих местах и базой данных. СУБД и база данных также располагается на этом сервере. Также осуществляется синхронизация при выписке электронных рецептов с другими учреждениями через шлюз безопасности Bel VPN Gate 4.1. Для связи всех узлов сети используется основной коммутатор и дополнительные коммутаторы, расположенные по зданию. На персональных компьютерах установлено клиентское ПО для связи с основным сервером. Для выхода в глобальную сеть расположен G-PON модем с оптическим подключением. Также в УЗ «Глусская ЦРБ» установлены системы телемедицинского консультирования, РИАС «Кадры», АИС «Сахарный диабет», которые в свою очередь работают не только локально, но и синхронизируются по всей республике, для чего также используют VPN канал.

Результаты анализа

Собрав информацию о структуре информационной системы, уставленной в УЗ «Глусская ЦРБ», и проанализировав ее можно сделать выводы, что её функционал достаточно обширный, в ней есть большое количество модулей: «Регистратура», «Учёт временной

нетрудоспособности», «Флюорокартотека», «Диспансеризация», «Врач поликлиники», «Статистика поликлиники», «Администратор», «Электронный рецепт».

И при таком обилии модулей, отвечающих за различные процессы в поликлинике эту систему нельзя считать полноценной. Из недостатков связанных с нехваткой модулей можно отметить отсутствие модуля хранения и обработки графической информации такой, как рентгеновские снимки, электрокардиограммы и т.д. К недостатком реализации можно отнести отсутствие полноценного цифрового аналога, в виде электронной амбулаторной карты пациента, обыкновенной физической амбулаторной карты.

Таким образом, при наличии информационной системы, которая безусловно оптимизирует большое количество процессов, врачам или медсёстрам всё ещё приходится получать информацию о пациенте в архиве или из его амбулаторной карты, которая хранится в регистратуре, а это требует дополнительных затрат времени.

Предлагаемое решение

Известно, что решения принятые при создании архитектуры ПО, являются определяющими как по быстродействию, так и по дальнейшему жизнеобеспечению, разрабатываемого ПО [1]. Именно архитектурные решения при проектировании ПО позволяют значительно повысить эффективность приложений.

В ходе этого к предлагаемому модулю определены следующие базовые требования, которые потом потребуют уточнения, такие, как клиент-серверная архитектура, отдельное клиентское приложение, отдельная бизнес-логика сервера и отдельная реляционная база данных и её СУБД. Также он должен обеспечивать идентификацию, аутентификацию и авторизацию пользователей внутри себя. Модель спроектированного модуля информационной системы поликлиники представлена на рис. 3.

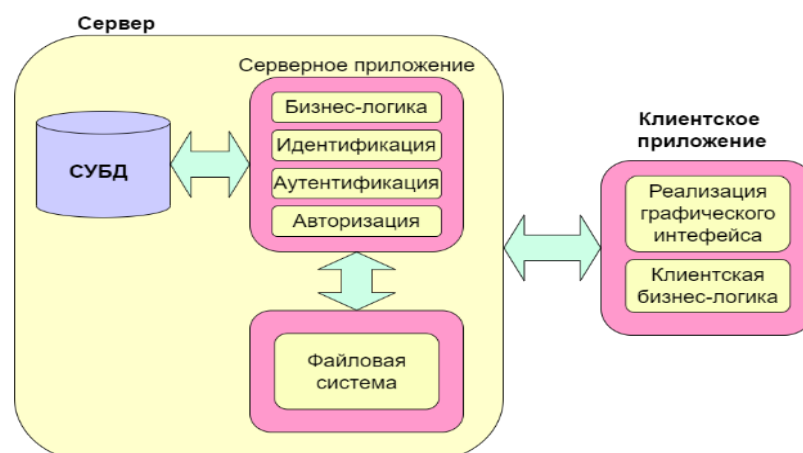


Рис. 3. Модель спроектированного модуля информационной системы

Заключение

После сбора информации о структуре информационной системы, уставленной в подразделении поликлиника УЗ «Глусская ЦРБ», и её анализа были сделаны выводы, что её функционал достаточно обширный, но также эта система не лишена некоторых недостатков. Были определена структура этой системы, состоящей из отдельных логических блоков, а также физическая модель сети ИС. К недостаткам данной системы было отнесено отсутствие полноценной электронной амбулаторной карты пациента, как аналога амбулаторной карты в бумажном виде. В дополнение к этому к недостаткам было отнесено отсутствие возможностей хранения графической информации, такой, как рентгенографические снимки, электрокардиограммы, данных холтера и т.д. В следствие этого при наличии информационной системы у врачей всё ещё нет своевременного доступа к подобному рода информации, поскольку она хранится в архиве, и для её получения тратится достаточно большое количество времени.

В ходе дальнейшей работы по изучению современных технологий и методов создания архитектуры информационных систем, методов идентификации и аутентификации, также изучения типов баз данных стало возможно сформировать базовые требования к разрабатываемой информационной системе. Были определены базовые требования к системе, которые потом потребуют уточнения, такие, как клиент-серверная архитектура, отдельное клиентское приложение, отдельная бизнес-логика сервера и отдельная реляционная база данных и её СУБД. Была разработана модель информационной системы по хранению графической информации.

Литература

1. Бобровский С. И. Программная инженерия. Технологии Пентагона на службе российских программистов. / Бобровский С. И. - Санкт-Петербург: Питер, 2003
2. Вендров А.М. CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем. / А. М. Вендров. – Москва: Финансы и статистика, 1998. – 98 с.
3. Дагаев А. В. Информационная система хранения данных / А. В. Дагаев, Ю. В. Бородянский, О. Д. Глод // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – №12. – С. 205 – 211.
4. Громов Г. Ю. О выборе архитектуры корпоративной информационной системы / Г. Ю. Громов, В. В. Кириллов // Сети ЭВМ и информационные технологии. – 2006. – №3. – С. 3 – 9.

ВЛИЯНИЕ ШИФРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ГИСТОГРАММЫ ЯРКОСТЕЙ ИХ ПИКСЕЛЕЙ

студент гр. 4КБ Новоженина А. В.

Кафедра информатики и компьютерных систем
Научный руководитель – профессор Садов В. С.

Белорусский государственный университет
Минск, Беларусь

Введение

Задача защиты информации от несанкционированного доступа решалась во все времена на протяжении истории человечества. В настоящее время выделяется два основных направления решения этой задачи: криптография и стеганография. Целью криптографии является скрытие содержимого сообщений за счет их шифрования. Криптография опирается на свойства информации, а не на свойства материальных носителей, особенности узлов ее обработки, передачи и хранения. При стеганографии скрывается сам факт существования тайного сообщения. Сообщение – это любая информация, подлежащая скрытой передаче. В качестве сообщения может использоваться любой вид информации: текст, изображение, аудиосигнал. Контейнер – некоторые цифровые данные, используемые для сокрытия сообщения. Например, изображения, аудиофайлы, видеофайлы, текстовые документы и прочие мультимедиа файлы. [1]

Чтобы обеспечить максимальную скрытность передаваемого сообщения, можно применить сразу два метода. Однако, надо также следить, чтобы сообщение было достаточно зашифрованным и при этом не наблюдалось значительных искажений в контейнере.

Цель работы: согласовать параметры незаполненного стеганографического контейнера с параметрами сообщений, что должно привести к незаметности встраивания сообщения.

Задачи работы:

- Обзор различных контейнеров;
- Минимизировать связь между битами сообщения, при помощи шифрования.

Типы шифрования

Существует два основных метода шифрования: симметричное и ассиметричное.

Метод симметричного шифрования, как и следует из названия, использует один криптографический ключ для шифрования и дешифрования данных. Использование одного ключа для обеих операций делает процесс простым. Когда требуется зашифровать большой кусок данных, симметричное шифрование оказывается отличным вариантом.

Существуют сотни алгоритмов симметричного типа. Наиболее распространенные из них — AES, RC4, DES, 3DES, RC5, RC6, “Шифр Цезаря”, гаммирование и т. д.

Асимметричное шифрование, в отличие от симметричного, включает в себя несколько различных ключей для шифрования и дешифрования данных, которые математически связаны друг с другом. Один из этих ключей известен как «открытый ключ», а другой — как «закрытый ключ». [2]

Шифрование изображений

В данной работе будут рассмотрены и проанализированы два вида изображений. Одно из них будем называть контейнером, а другое - сообщением.

При помощи программных средств Matlab было проведено исследование этих изображений. Для исследования сообщений были построены гистограммы яркости изображения. Каждый пиксель изображения состоит из трех компонентов цвета — RGB. Значение яркости RGB варьируется от 0 до 255. Гистограмма яркостей показывает количество значений RGB, соответствующих определенной яркости (0-255). Для исследования контейнеров были рассмотрены три младших битовых плоскости. Значение пикселя изображения лежит в диапазоне от 0 до 255 для каждого RGB, поэтому его информация содержится в 8-битном формате. Таким образом, мы можем разделить это изображение на 8 плоскостей. Младшие плоскости несут в себе мало информации, поэтому их можно использовать для передачи информации.

Ниже представлены два различных изображения и их совокупные по всем цветам гистограммы распределения яркостей (рис. 1, 2).

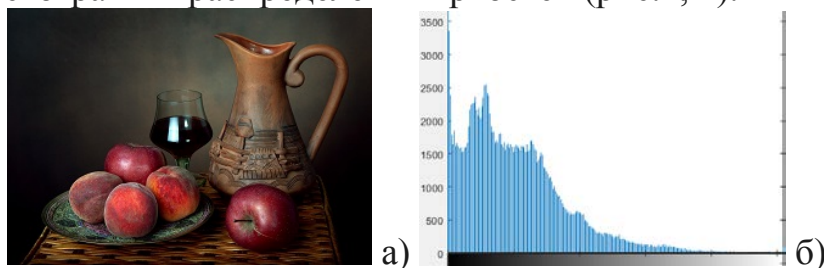


Рис 1. Исходное изображение (а) и его гистограмма яркостей (б).

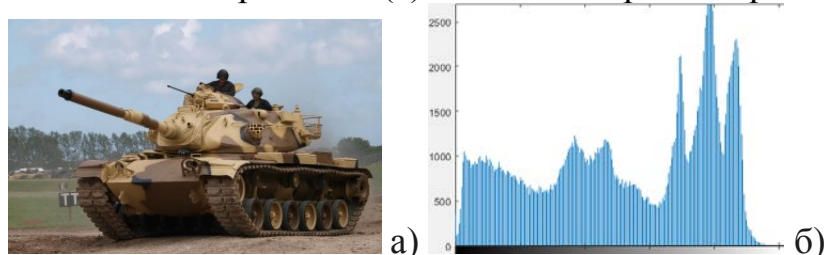


Рис 2. Исходное изображение (а) и его гистограмма яркостей (б).

Как видно, гистограммы распределения яркостей приведенных сообщений соответствуют визуальному восприятию изображений.

Для шифрования изображений был использован метод гаммирования. Принцип шифрования гаммированием заключается в генерации гаммы (последовательности случайных чисел) и наложения этой гаммы на данные. Гамма представляет собой матрицу размером, соответствующим размеру исходного изображения. Далее эта гамма добавляется к матрицам значений RGB изображения. Также, видоизменять можно не все три матрицы цвета. В результате мы получили изображения такого вида (рис.3, 4):

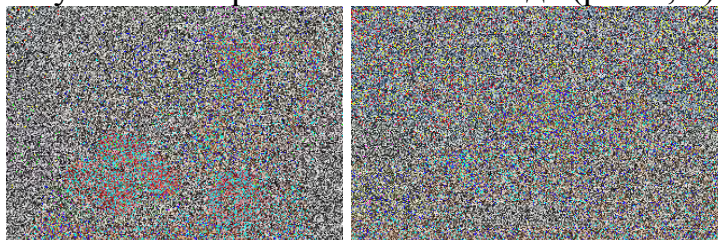


Рис 3. Зашифрованные изображения.

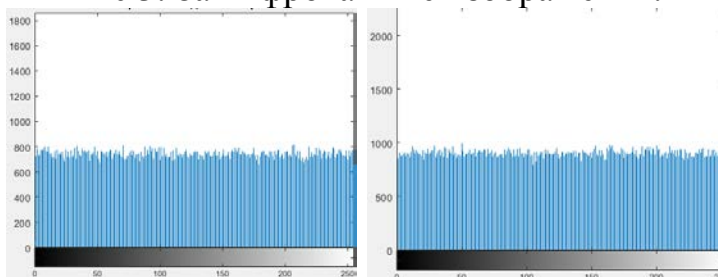


Рис 4. Гистограммы зашифрованных изображений.

Проанализировав полученные зашифрованные изображения и их гистограммы распределения яркостей, можно сделать вывод, что они выглядят как шум.

Исследование стеганографических контейнеров

Для исследования контейнеров были рассмотрены их три младших битовых плоскости (рис. 5 - 8).

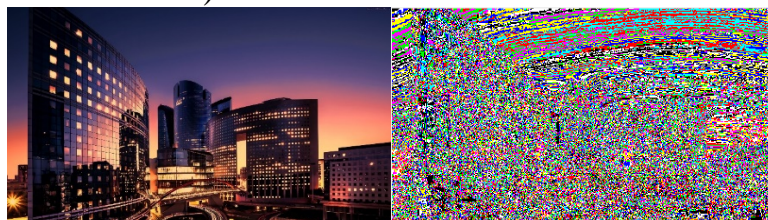


Рис 5. Контейнер и его первая битовая плоскость.

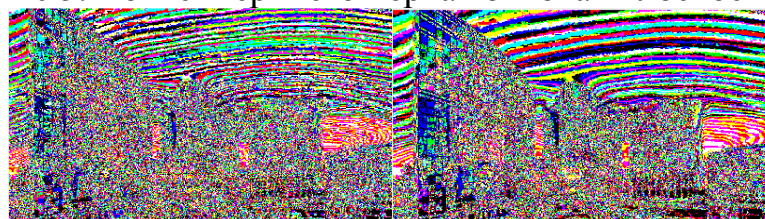


Рис 6. Вторая и третья битовая плоскость.

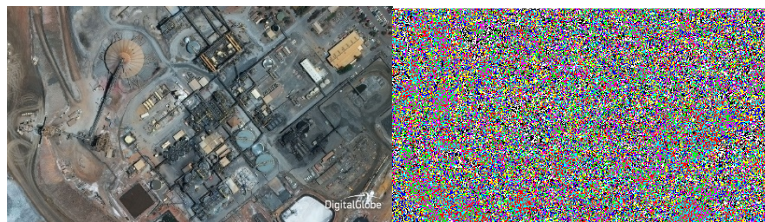


Рис 7. Контейнер и его первая битовая плоскость.



Рис 8. Вторая и третья битовая плоскость.

Видно, как битовые плоскости разных контейнеров отличаются друг от друга. Есть контейнеры, где биты случайно распределены только на некоторых участках битовой плоскости, а есть такие, что биты случайно распределены на всей первой битовой плоскости. Это значит, что изображение некачественное.

Младший значащий бит изображения несет в себе меньше всего информации. Известно, что человек обычно не способен заметить изменение в этом бите. Фактически, он является шумом. Поэтому его можно использовать для встраивания информации [3].

Теперь рассмотрим, как меняется первая битовая плоскость при встраивании изображений в контейнер (рис. 9 – 12).

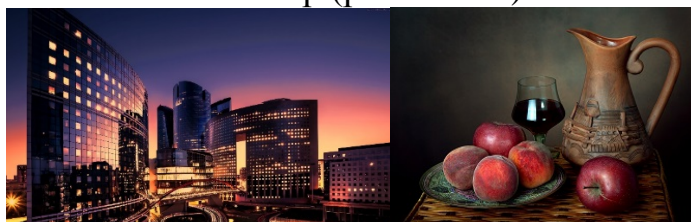


Рис 9. Контейнер и встраиваемое изображение.



Рис 10. Первая битовая плоскость после встраивания исходного и зашифрованного изображения.



Рис 11. Контейнер и встраиваемое изображение.

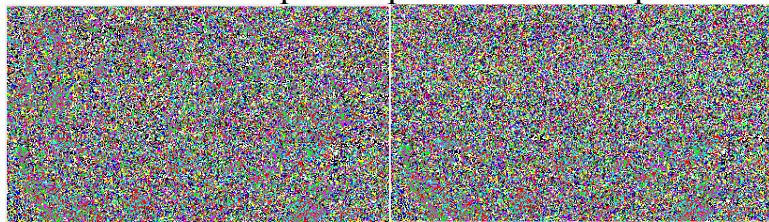


Рис 12. Первая битовая плоскость после встраивания исходного и зашифрованного изображения.

Можно заметить, что при встраивании зашифрованного изображения в те области, где биты имеют случайное распределение, характер связей в этих областях не меняется.

Результаты анализа

Так как после криптографического шифрования сообщений они превращаются в поток случайных битов, то и встраивать их следует в те области контейнера, где биты также случайно распределены. Есть контейнеры, где младшая битовая плоскость носит случайный характер полностью, что дает нам возможность незаметного встраивания изображения. Так как связи между битами не нарушаются, обнаружить сообщение становится трудно, но при обнаружении зашифрованного сообщения злоумышленник получит не исходное изображение, а шум. И в дальнейшем ему придется подбирать алгоритмы и ключи для дешифрования сообщения.

Заключение

Встраивание сообщений производится в незначащие битовые плоскости контейнера, то есть в младшие незначащие биты. В большинстве случаев младшие биты носят случайный характер, но также могут быть взаимосвязанными. При стеганографической модификации младших битов контейнера эти связи разрушаются. Тогда наша главная задача – согласование параметров контейнера с параметрами сообщения. Что мы и сделали благодаря шифрованию.

Для шифрования изображений был использован метод гаммирования, то есть к матрицам значений RGB изображения была добавлена матрица случайных чисел.

В ходе проведенного эксперимента удалось установить, что для человеческого глаза незаметны изображения, встраиваемые в такие контейнеры, где первая битовая плоскость сильно зашумлена. Также возможен вариант встраивания только в участки с шумами, что делает количество встраиваемой информации значительно меньше. Шифрование сообщений позволяет нам не нарушать связи между битами в первой

битовой плоскости. Но уже точно можно сказать, что шифрование сообщений добавляет дополнительную защиту.

Литература

1. Грибунин В.Г., Оков И. Н., Туринцев И. В. Цифровая стеганография. СПб.: ВУС, 2009.
2. Шифрование: типы и алгоритмы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wiki.hostpro.ua/knowledgebase/shifrovanie-tipy-i-algoritmy/> –Дата доступа: 17.12.2021
3. Бородин Г.А., Чиркова С.В., «Классификация критериев выбора контейнера для LSB-метода», «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика 13-ая межд. науч.-техн. конф. студ. и асп. Тезисы докладов в 3-ех томах». Т.1. –М.: МЭИ, 2007

АЛГОРИТМЫ ОТОБРАЖЕНИЯ СЕНСОРНЫХ ДАННЫХ И ДАННЫХ УПРАВЛЕНИЯ НА КОДОВЫХ ШКАЛАХ И НА ШКАЛАХ ЕСТЕСТВЕННЫХ РАЗМЕРНОСТЕЙ

Студент гр. 10306119 Богданова Е. А.

Научный руководитель – доцент Зайцев В. М.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Интеллектуальные системы – это программные и аппаратно-программные комплексы, способные решать творческие задачи, которые принадлежат конкретной предметной области и практически используют в процессах функционирования определенные наборы декларативных и процедурных знаний, а также методы и приемы восприятия и переработки информации, ранее доступные только человеческому разуму. Одним из видов таких систем являются интеллектуальные информационные системы, которые обеспечивают реализацию алгоритмов, эффективных по времени, полноте и достоверности распознавания и последующей смысловой обработки разнородных данных, в том числе при автоматическом выполнении процедур инструментальных измерений параметров объектов контроля и процедур управления этими объектами. В состав систем вводятся средства цифровой промышленной автоматики, в которых осуществляется оперативная обработка сигналов и фактографической информации в масштабе времени быстропротекающих внешних системных процессов, таких как функционирование основного технологического производственного оборудования, выполнение коммуникационных операций, управление системными компонентами контроля за развитием угрожающих и аварийных ситуаций. Под фактографической информацией здесь понимаются числовые данные, вводимые аналитиками и инженерами при инициализации и юстировке средств системы, а также данные, получаемые в результате автоматической реализации текущих внешних сенсорных измерений. Информация сопровождается значениями моментов текущего времени ее выработки и поступления в систему.

Приборы цифровой промышленной автоматики и другое электронное оборудование интеллектуальных систем обеспечивают выполнение ряда функций, необходимых для организации информационно – технического взаимодействия всех составных частей системы между собой, с источниками информации и с потребителями интеллектуальных услуг. Важнейшими и наиболее часто решаемыми задачами являются:

- автоматическое восстановление значений каждого из измеряемых параметров объектов контроля $\xi(t)$ в шкалах естественных размерностей по кодам CODE $\xi(t)$, которые вырабатываются аналого-цифровыми преобразователями по результатам сенсорных измерений (рис.1);

- автоматическое отображение значений параметров управления $\eta(t)$ из шкал естественных размерностей на шкалы кодов CODE $\eta(t)$ (рис.2).

Эти интеллектуальные функции целесообразно выполнять программным способом на встраиваемых процессорах трактов измерения и управления. В комплект программ необходимо включать индивидуальные программы преобразования, охватывающие все виды физических величин $\xi(t)$, $\eta(t)$ и параметры длин их кодового представления.

Для формирования и ввода в систему информации от объектов контроля и управления применяют первичные измерители (сенсоры) - функционально ориентированные устройства для измерения значений определенных физических величин $\xi(t)$, контролируемых системой. Измеренные сигналы преобразуются аналого-цифровыми преобразователями (АЦП) в цифровой формат CODE (ξ) (рис.1) и образуют потоки телеметрических данных.

Тракт формирования и передачи измерительных данных

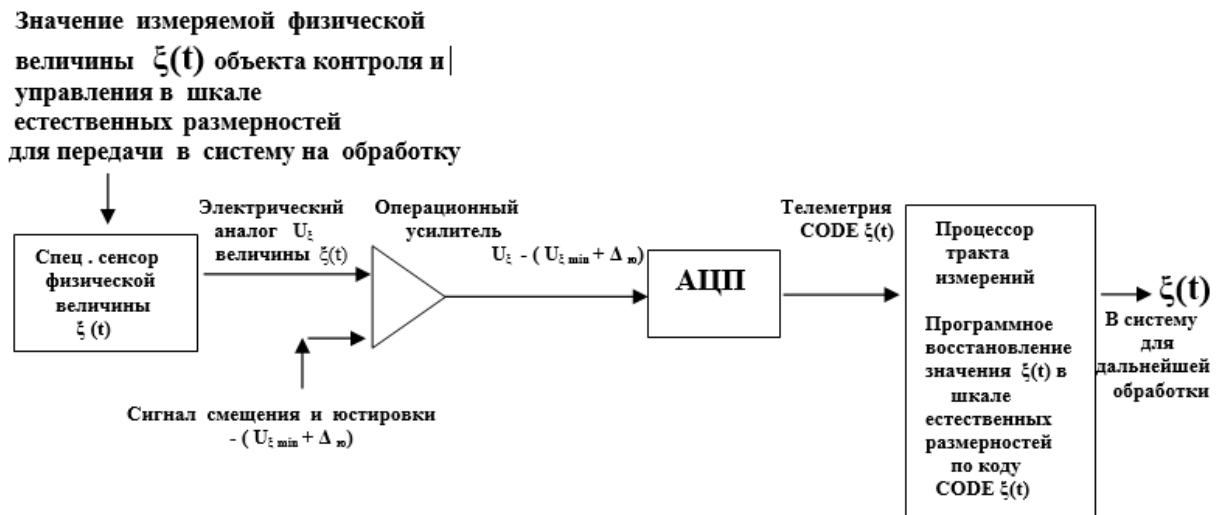


Рисунок 1. Тракт формирования и передачи измерительных данных

Тракт формирования и передачи данных управления

Формирование в системе значения

управляющей физической величины $\eta(t)$
в шкале естественных размерностей для
передачи в объект контроля и управления



Рисунок 2. Тракт формирования и передачи данных управления

Программные средства процессора тракта измерений обеспечивают автоматическое восстановление по кодам CODE $\xi(t)$ значений каждого из измеряемых параметров объектов контроля $\xi(t)$ в шкалах естественных размерностей для последующей системной обработки.

Физические величины управления $\eta(t)$ предварительно с помощью программных средств процессора тракта управления оцифровываются и преобразуются в кодовые представления CODE $\eta(t)$ потока телемеханических данных (рис.2). Обратные преобразователи ЦАП и программные средства процессора отображают значения параметров управления на шкалах естественных размерностей для последующей подачи в объект контроля.

Программное отображение значения физической величины $\eta(t)$ (или $\xi(t)$) из шкалы естественных размерностей на шкалу ее кодов CODE $\eta(t)$ (или кодов CODE $\xi(t)$) может выполняться по реверсируемому алгоритму.

Прямой алгоритм:

- декларируются уставки $(\eta_{\max}, \eta_{\min})$, (ξ_{\max}, ξ_{\min}) на шкале естественных размерностей и ожидаемый размах значений физических величин

$$R_{\eta} = \eta_{\max} - \eta_{\min}; R_{\xi} = \xi_{\max} - \xi_{\min};$$

- декларируются значения количества двоичных разрядов для кодового представления физических величин $n(\eta)$, $n(\xi)$;

- для каждой физической величины рассчитывается цена младшего разряда кодового представления $C_{\eta} = R_{\eta} \cdot 2^{-n(\eta)}$; $C_{\xi} = R_{\xi} \cdot 2^{-n(\xi)}$;

- прием текущих значений физических величин η , ξ на шкалах естественных размерностей;
 - контроль текущих значений физических величин η , ξ по уставкам $\eta_{\max} \leq \eta \leq \eta_{\min}$; $\xi_{\max} \leq \xi \leq \xi_{\min}$;
 - расчет смещенных значений физических величин $\eta_c = \eta - \eta_{\min}$; $\xi_c = \xi - \xi_{\min}$;
 - расчет кодовых целочисленных значений физических величин в десятичной системе счисления $\text{CODE}_{10} \eta = \text{Ant}(\eta_c \cdot C_\eta^{-1})$; $\text{CODE}_{10} \xi = \text{Ant}(\xi_c \cdot C_\xi^{-1})$;
 - перевод кодовых целочисленных значений физических величин из десятичной системы счисления в восьмеричную $\text{CODE}_{10} \eta \rightarrow \text{CODE}_8 \eta$; $\text{CODE}_{10} \xi \rightarrow \text{CODE}_8 \xi$;
 - перевод кодовых целочисленных значений физических величин η , ξ из восьмеричной системы счисления в двоичную $\text{CODE}_8 \eta \rightarrow \text{CODE}_2 \eta = \text{CODE} \eta$; $\text{CODE}_8 \xi \rightarrow \text{CODE}_2 \xi = \text{CODE} \xi$.
- Реверсированный алгоритм:
- декларируются уставки и ожидаемый размах значений физических величин $R_\eta = \eta_{\max} - \eta_{\min}$; $R_\xi = \xi_{\max} - \xi_{\min}$;
 - декларируются значения количества двоичных разрядов для кодового представления физических величин $n(\eta)$, $n(\xi)$;
 - для каждой физической величины рассчитывается цена младшего разряда кодового представления $C_\eta = R_\eta \cdot 2^{-n(\eta)}$; $C_\xi = R_\xi \cdot 2^{-n(\xi)}$;
 - прием текущих значений кодовых физических величин $\text{CODE} \eta$, $\text{CODE} \xi$;
 - перевод кодовых целочисленных значений физических величин из двоичной системы счисления в восьмеричную $\text{CODE} \eta \rightarrow \text{CODE}_8 \eta$; $\text{CODE} \xi \rightarrow \text{CODE}_8 \xi$;
 - перевод кодовых целочисленных значений физических величин из восьмеричной системы счисления в десятичную $\text{CODE}_8 \eta \rightarrow \text{CODE}_{10} \eta$; $\text{CODE}_8 \xi \rightarrow \text{CODE}_{10} \xi$;
 - расчет не смещенных значений физических величин η , ξ $\eta = (\text{CODE}_{10} \eta) \cdot C_\eta + \eta_{\min}$; $\xi = (\text{CODE}_{10} \xi) \cdot C_\xi + \xi_{\min}$ на шкале естественных размерностей.

УДК 519.67

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СРЕДЕ MATHCAD

Студент гр. 10306119 Науменко В. А.

*Научный руководитель – доцент Романюк Г. Э.*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Задача геометрического моделирования является важной областью машинной графики. Геометрическое моделирование широко применяется также в системах автоматизированного проектирования (САПР).

В алгоритмах геометрического проектирования фигурируют геометрические объекты, являющиеся исходными данными, промежуточными и окончательными результатами конструирования. Детали и узлы конструкции имеют самые разнообразные геометрические характеристики. Через геометрические характеристики детали вычисляются исходные геометрические параметры для функциональных моделей: масса, центр масс, моменты инерции, жесткость и демпфирование.

Геометрическая модель – совокупность сведений, однозначно определяющих форму геометрического объекта. Геометрические модели могут быть представлены совокупностью уравнений линий и поверхностей, алгебрологическими соотношениями, графами, списками, таблицами, описаниями на специальных графических языках.

При геометрическом проектировании геометрические модели применяются для описания геометрических свойств объекта конструирования (формы, расположения в пространстве); решения геометрических задач (позиционных и метрических); преобразования формы и положения геометрических объектов; ввода графической информации; оформления конструкторской документации.

Для геометрического моделирования могут применяться различные инструментальные средства. Существуют разнообразные специализированные САД-системы. Но большинство из них достаточно дороги, и не всегда требуется вся их мощность и широкий спектр возможностей.

Для моделирования относительно несложных объектов путем построения аналитических геометрических моделей с успехом можно применять средства компьютерной математики Mathcad и Matlab. Их основные достоинства при решении задач подобного рода: простота использования данных средств; легкость модификации как геометрии объектов, так и типоразмеров конкретного объекта; наглядность и быстрота представления результатов моделирования; интегрируемость этих

программных средств с другими. Систему Mathcad помимо этого отличает и удобный интерфейс. Из всех систем компьютерной математики только в ней все формулы и вычисления записываются на рабочем листе в привычном виде (не требуется использовать специальный язык).

Однако в Mathcad имеется ограничение на количество графиков, одновременно выводимых на одних координатных осях: их должно быть не более 16. То есть моделируемая деталь должна состоять не более чем из 16 графических примитивов.

Можно применить два способа параметрического описания объекта:

1) все параметры объекта выражаются через один параметр посредством математических уравнений.

Преимущества этого способа: а) быстрота изменения типоразмера объекта (достаточно изменить всего один параметр); б) при изменении размеров сохраняются пропорции объекта.

2) каждый параметр задается независимо от других.

Его преимущества: а) объект проще в описании; б) при изменении объекта (в конкретной прикладной задаче) иногда требуется изменить не все размеры объекта, а только некоторые из них.

Параметры являются изменяемыми величинами (переменными). Изменяя их, мы изменяем размеры заданного объекта.

Рассмотрим применение программного средства Mathcad для задач геометрического моделирования на конкретных примерах.

В качестве примера использования первого из вышеназванных способов параметрического описания геометрического объекта построим в среде Mathcad следующий объект (рис. 1):

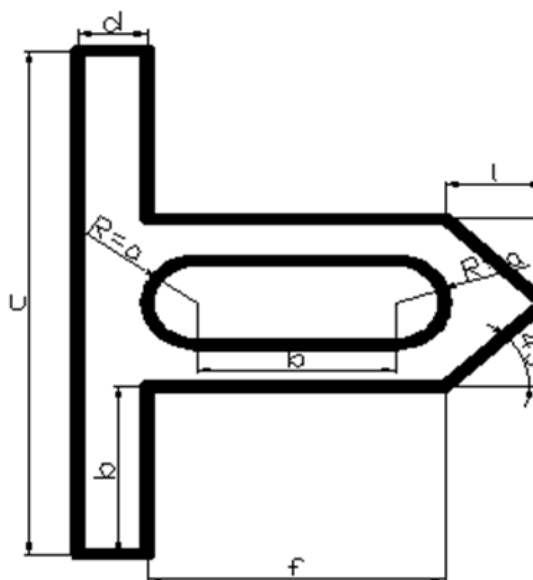


Рис. 1. Моделируемый объект

Все параметры выразим через один параметр a : $b = 4 \cdot a$, $c = 12 \cdot a$, $d = 1,6 \cdot a$, $e = 2 \cdot a$, $f = 5 \cdot a$.

В рабочей области Mathcad набираем изменяемый параметр a . Для построения объектов различных типоразмеров присваиваем ему необходимые конкретные значения. Под ним набираем остальные параметры, выраженные через a . Затем под параметрами задаются пределы изменения переменных, участвующих в построении детали. Далее набираются функции, описывающие конкретные участки геометрического объекта (графические примитивы). Функции также можно задавать непосредственно на осях графика.

Следующий этап – построение чертежа заданного объекта. Для этого вызываем команду меню Вставка → График → Декартов график, задаем на осях переменные и функции и получаем изображение объекта (рис. 2). На данном рисунке изображен объект, построенный при значении $a = 15$.

Реализацию второго способа параметрического описания объекта рассмотрим на следующем примере (рис. 3).

Придадим параметрам конкретные значения:

$a = 60$, $b = 100$, $c = 120$, $d = 180$, $e = 60$, $f = 50$, $g = 10$, $k = 40$, $m = 160$, $n = 270$, $s = 40$.

Осуществляем построение данного объекта в среде Mathcad.

На рабочем листе Mathcad набираем параметры. Присваивая им конкретные значения, в результате построения получаем объект определенных размеров. Затем задаются пределы изменения переменных и далее процесс построения происходит аналогично рассмотренному выше. Результат построения представлен на рис. 4.

```

a := 15
b := 4·a    c := 12·a    d := 1.6·a    e := 2·a    f := 6·a
x := -6·a, -5.99·a.. 6·a    b := -6·a, -5.99·a.. -2·a
e := 0, 0.01·a.. 1.6·a    y := 1.6·a, 1.61·a.. 7.6·a
i := 6.6·a, 6.61·a.. 7.6·a    c := 7.6·a, 7.61·a.. 9.6·a
t := 11.5·a, 11.51·a.. 13·a    r := 2·a, 2.01·a.. 6·a
d := 0, 0.01·a.. 2.6·a    f := 2.6·a, 2.61·a.. 6.6·a

```

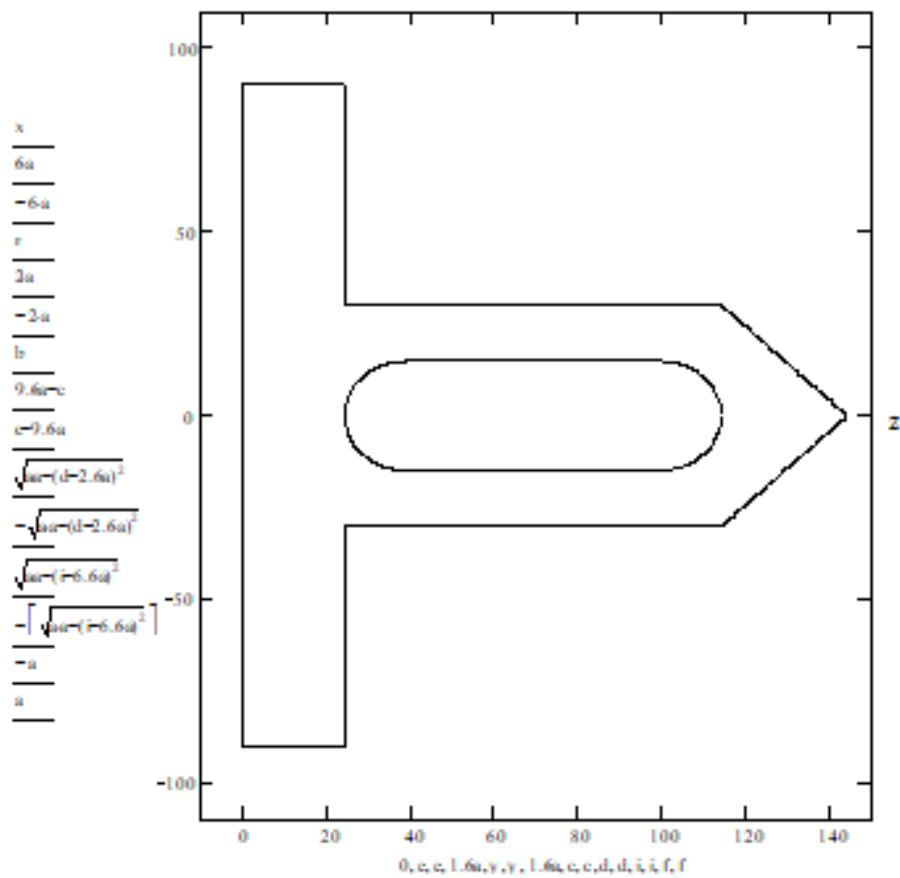


Рис. 2. Реализация первого способа

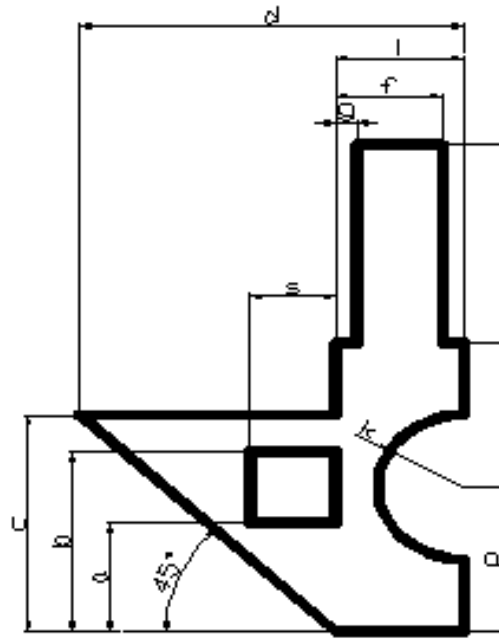


Рис. 3. Параметризованный объект

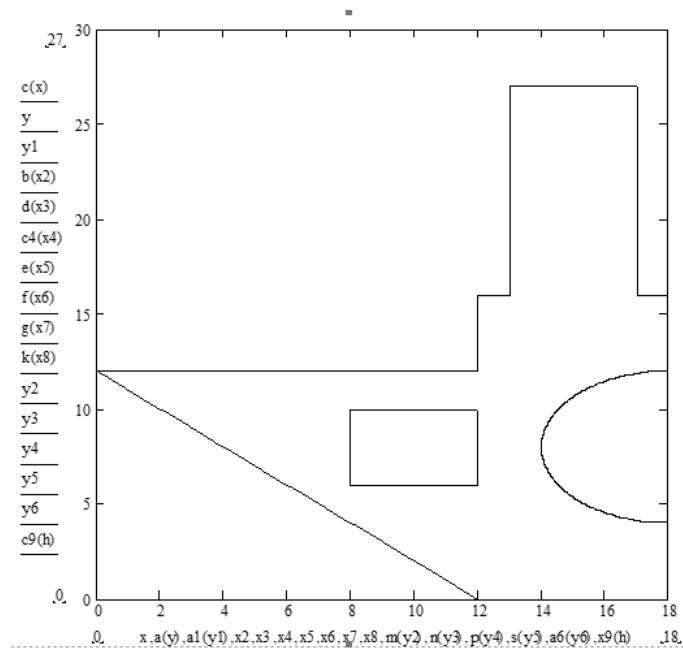


Рис. 4. Реализация второго способа

Существует еще один способ построения геометрического объекта (с помощью матриц).

Создание окружностей производится через функции $t_{(\text{переменная})} = 2\pi * (\text{переменная}) / 360$. Если существует необходимость в создании

обрезанной окружности (с отсутствующим сектором), то при задании переменной (по умолчанию $0 \dots 360$) указывается требуемый угол, который и будет отображен (например, $0 \dots 270$ – на графике будет отсутствовать часть окружности на промежутке с 270 до 360 градусов). Создание контуров фигур производится путем транспонирования матриц Вставка → Матрица → Транспозиция матрицы, внутри которых расписываются координаты точек контура, по которым последовательно будет проходить линия, вычерчивающая график (сами матрицы создаются Вставка → Матрица → Матрица).

Функции также можно задавать непосредственно на осях графика.

Для этого способа геометрические значения примут следующий вид: $r=1$, $b=c=10$, $d=2$, $f=12$. Угол фасок не указывается, так как его значение регулируется координатами точек контура.

Следующий этап – построение чертежа заданного объекта. Для этого вызываем команду меню Вставка → График → Декартов график (X-Y График), задаем на осях переменные и функции и получаем изображение объекта (рис. 5).

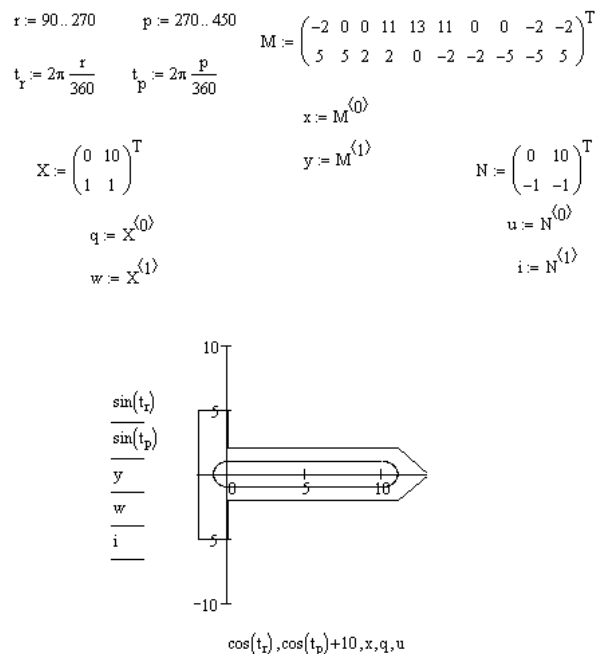


Рисунок 5 – Геометрическое моделирование матричным способом

Интегрируемость системы Mathcad с другими программными средствами позволяет использовать результаты моделирования в различных документах и программных средах. Построенные объекты можно сохранять

как графические изображения, можно помещать в другие документы, можно обрабатывать в различных графических редакторах.

Литература

1. Трудоношин, В.А. Системы автоматизированного проектирования, кн. 4. Математические модели технических объектов / В.А. Трудоношин, Н.В. Пивоварова - Мн., Вышэйшая школа, 1988, 192 с.
2. Ивановский, Р.И. Компьютерные технологии в науке и образовании. Практика применения систем MathCAD / Р.И. Ивановский - М., Высшая школа, 2003, 343 с.

АНАЛИЗ МЕЖПИКСЕЛЬНЫХ СВЯЗЕЙ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИХ КОНТЕЙНЕРОВ-ИЗОБРАЖЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ЖАНРОВ

студентк гр. 5КБ Мамчик М. С.

Кафедра интеллектуальных систем

Научный руководитель – профессор Садов В. С.

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

Введение

От метода внедрения данных и от выбора контейнера зависит объем секретного сообщения, а также устойчивость стегоконтейнера к различным видам анализа.

Способов сокрытия данных много, однако проблема выбора подходящего контейнера до сих пор не решена. Потеря качества изображений будет зависеть от степени сокрытия передаваемой информации.

Чтобы облегчить выбор контейнера для стеганографического встраивания в данной работе предполагается исследовать изображения различных жанров, чтобы выделить жанры изображений на основе их свойств, что в дальнейшем может облегчить задачу выбора контейнера для встраивания в него секретного сообщения.

Цель работы: рассмотреть изображения различных жанров и выявить их схожести, разделить все изображения на жанры, исходя из их свойств.

Задачи работы:

- Составить выборку для исследования различных изображений;
- При помощи средств языка Matlab рассмотреть свойства изображений;
- Разделить изображения на жанры при помощи визуального анализа.

Битовые плоскости в изображении

Битовые плоскости — бинарные изображения, которые могут быть получены из двоичного представления яркостей компонент изображения [1].

Любое изображение состоит из пикселей, которые в свою очередь состоят из красной, зеленой и синей составляющей. Каждый пиксель будет кодироваться 8 битами данных на цветовой канал, то есть каждая составляющая цвета может быть представлена числом от 0 до 255 [1].

Для формирования битовых плоскостей берется цифра из двоичного числа, позиция которой с конца соответствует битовой плоскости.

Следовательно, любое изображение будет представлено 24-мя битовыми плоскостями, по 8 битовых плоскостей для каждого цвета [1].

Каждая битовая плоскость будет участвовать в формировании изображения (рис. 1). Первые три битовые плоскости во многом представляют собой шумы и отвечают за детализацию изображения. Их изменение не уловимо человеческим глазом. Остальные битовые плоскости формируют каркас изображения [1].

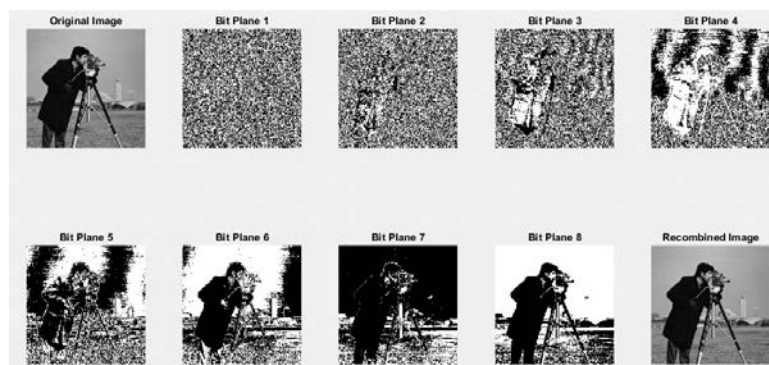


Рис. 1. Битовые плоскости черно-белого изображения

Следовательно, первые три битовые плоскости могут быть использованы для незаметного встраивания в них секретного сообщения.

Основные критерии выбора стеганографического контейнера

Стойкость стеганографической системы — это способность данной системы скрывать от нарушителя факт скрытой передач сообщений, способность противостоять попыткам нарушителя разрушить или исказить передаваемое сообщение, а также способность подтвердить или опровергнуть подлинность скрытно передаваемой информации [2].

Исходя из понятия стойкости стеганографического контейнера и существующих видов атак можно сделать вывод о критериях, которыми должен обладать стеганографический контейнер, чтобы быть наиболее стойким:

- Отказ от общеизвестных изображений в качестве контейнера;
- Достаточно большой размер контейнера;
- Наличие большого числа пикселей, оттенки цветов которых плохо различаются глазом человека;
- Избегать в качестве контейнеров монотонных изображений и изображений с одноцветным фоном из-за недостаточной их зашумленности в младших битовых плоскостях.

Эти критерии в достаточной мере учитывают основные особенности изображений, необходимые для получения стегоустойчивого к визуальному анализу контейнера.

Исходные изображения и методы их анализа

При помощи программных средств Matlab было проведено исследование изображений разных жанров. Все изображения были сжаты алгоритмом JPEG и были достаточно большими (большая часть имеет разрешение 1920x1080, что является самым распространенным разрешением в настоящее время). Выбор пал на JPEG-изображения, так как они являются самыми популярными и к тому же в алгоритме JPEG минимизирована избыточность.

В начале исследования все изображения были разделены на категории, исходя из изображенных на них предметов, так как скорее всего похожие предметы будут обладать схожими характеристиками. Всего было выделено 11 жанров:

- анималистичные изображения — изображения, на которых центральной фигурой является какое-либо животное;
- архитектурные — изображения, на которых центральной фигурой являются здания (снаружи);
 - натюрморт;
 - портрет;
 - пейзаж;
- предметные – изображения, на которых центральной фигурой является какой-либо предмет;
 - скопления людей;
 - астрономические изображения;
 - технические: графики, карты, формулы, текст, чертежи;
 - интерьерные – изображения интерьеров комнат;
 - спутниковые снимки.

Для исследования изображений были построены гистограммы яркости изображения (рис 2), гистограммы распределения цветов (рис 3), графики зависимости цветов друг от друга (рис 4) и изображения младшей битовой плоскости (рис 5).

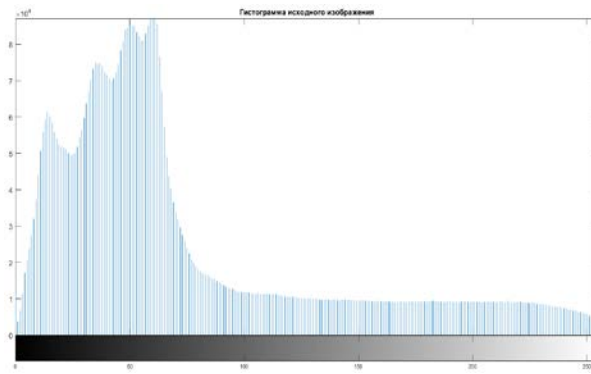


Рис. 2. Гистограмма яркости изображения

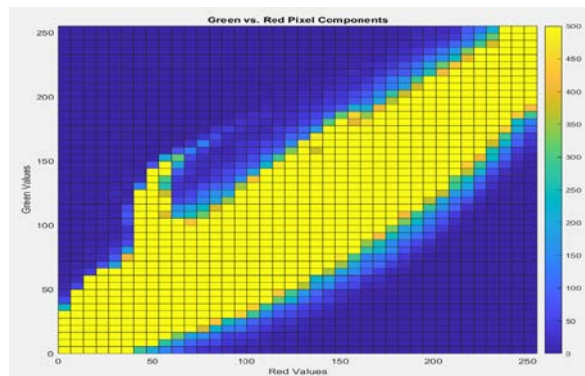


Рис. 3. Зависимость зеленой компоненты от красной

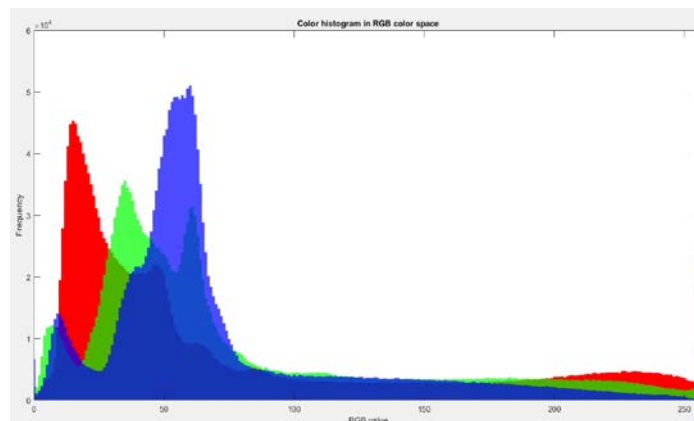


Рис. 4. Распределение цветов в изображении



Рис. 5. Изображение первой битовой плоскости

Результаты исследования

В результате исследования были сделаны следующие выводы о жанрах:

1. Анималистичные изображения

Изображения данного жанра можно разделить на две группы: изображения животных в природе и изображения животных крупным планом.

Изображения животных в природных условиях обычно более темные и более зашумленные, но в них часто можно встретить небольшую область, пиксели в которой имеют очень крепкие связи. Также в данных изображениях часто преобладает синяя и зеленая компоненты.

В изображениях животных крупным планом обычно зашумленным остается только животное, а фон представляет собой область почти единого цвета.

2. Архитектурные изображения

В архитектурных изображениях часто возникают однородные области из-за отражающих поверхностей и источников освещения. В данном типе изображений цветовые компоненты распределены равномерно.

3. Натюрморт

Натюрморты часто выполнены в темных тонах, также в них можно наблюдать корреляцию между пикселями в области расположения объекта.

4. Портрет

Портреты часто выполнены в теплых тонах, а также имеют схожую структуру с изображениями животных крупным планом: отсутствие шумов на фоне. В написанных красками портретах данная проблема выражена не так сильно.

5. Пейзаж

Пейзажи по своим характеристикам очень похожи на изображения животных в природе. В данном типе изображений также часто преобладают синяя и зеленая цветовая компоненты.

6. Скопление людей

Часто можно увидеть одноцветные области, если скопление людей недостаточно плотное. Чем больше людей изображено, тем более зашумленным будет изображение. Также в изображениях людей обычно преобладают темные оттенки над светлыми.

7. Астрономические

Астрономические изображения обладают следующими характеристиками: обычно темный, преобладает синий цвет. Их можно разделить на две группы: изображение одного большого объекта и изображение множества мелких объектов.

Ко второй группе относятся изображения различных туманностей, черных дыр и просто звездного неба. Такие изображения сильно зашумлены.

8. Технические изображения

В таких изображениях крайне мало информации, поэтому и шумов тоже крайне мало. Цветовые компоненты в данном типе изображений распределены равномерно.

9. Интерьерные изображения

Данные изображения крайне похожи на архитектурные изображения, в них также основной проблемой являются окна, источники освещения и отражающие поверхности.

10. Предметные фотографии

Предметные фотографии представляют уже знакомый случай изображения, на котором в центре будет находиться предмет на каком-либо фоне, который и будет создавать недостаточную зашумленность изображения.

11. Спутниковые снимки

В данном типе изображений преобладают синяя и зеленая компоненты цвета, также в большинстве случаев младший значащий бит в таких изображениях очень похож на шум.

В ходе проведенного эксперимента удалось установить схожести между некоторыми жанрами, что позволяет объединить данные изображения в один жанр.

Схожие результаты показали изображения животных крупным планом, портреты, предметные изображения и изображения планет, поэтому их можно объединить в одну большую группу изображений крупным планом.

Из-за наличия отражающих поверхностей схожие характеристики получились у архитектурных и интерьерных изображений, следовательно, они могут быть объединены в жанр архитектурных изображений.

Изображения животных в природной среде и пейзажей также оказались достаточно похожи, чтобы их можно было объединить в отдельный жанр природных изображений.

Заключение

В данной работе были рассмотрены и выделены стеганографические контейнеры-изображения различных жанров. Предварительно было выделено 11 жанров, однако, в ходе исследования получилось обобщить изначальное количество до 8, в которых изображения обладают сходными свойствами.

Были выделены следующие жанры:

1. Природные изображения
2. Архитектура
3. Натюрморт
4. Изображения крупным планом
5. Скопление людей
6. Астрономические изображения
7. Технические изображения
8. Спутниковые снимки

Также, в ходе исследования было выявлено, что у природных изображений, астрономических изображений и спутниковых снимков межпиксельные связи выражены слабее всего, а то время как в изображениях крупным планом имеют большую корреляцию пикселей.

Результаты, полученные в данной работе в дальнейшем, можно будет использовать для построения нейросети, которая сможет определять жанр изображения, а также полученные свойства распределения младшего бита помогут в выборе контейнера для стеганографического встраивания.

Литература

1. Пасечник П.А., Белая Т.И., Терехов В.Г. Восстановление изображений с помощью битовых плоскостей в автоматизированных системах управления и обработки информации // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». – 2015.
2. Грибунин В.Г., Оков И.Н., Туринцев И.В. Цифровая стеганография. – М.: СОЛОН-Пресс, 2002.

УДК 004.67

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТАНДАРТНЫХ ФУНКЦИЙ
ПРЕДСКАЗАНИЯ ПРОЦЕССОВ**

студент гр. 813802 Дановский В. Д.

Научный руководитель - канд. техн. наук Ролич О. Ч.Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Линейное предсказание, основанное на теории линейных систем, находит широкое применение в сфере технического речеобразования и её анализа, в аудиокодеках, в обработке радиолокационных сигналов [1 – 3]. В данной работе предлагается применить метод линейного предсказания в прогнозировании вибрационных сигналов дизельных форсунок, функционирующих в квазистационарном режиме. Мерой прогнозирования выбрано среднеквадратичное отклонение (СКО) линейно предсказанной числовой последовательности от реального сигнала с учётом длины и шага окна предсказания. Также оценивается СКО спектрограммы линейно предсказанной числовой последовательности от её реального вида. В качестве исследуемой функции предсказания выступает *MathCAD*-функция *predict()*.

На рисунке 1 изображены исходный вибрационный сигнал *MEMS*-акселерометра *LIS3D*, закреплённого на дизельной форсунке испытательного стенда *CR Jet-4E*, и его спектрограмма, очевидно подчёркивающая работу форсунки в квазистационарном режиме [4]. В спектрограмме выделяются периодические квазистационарные процессы *A*, *B* и др. на различных частотах 99 Гц, 148 Гц, 198 Гц (вычислены исходя из периода дискретизации 630 мкс, длины прямоугольного окна $N = 512$ и шага его перемещения $step = 64$), повторяющиеся через 1400 мс, 690 мс.

Результаты исследований представлены на рисунках 2 и 3. На рисунке 2 по одной из осей откладывается длина прямоугольного окна, по второй – шаг *step* перемещения и, соответственно, длина предсказываемой числовой последовательности, по третьей вертикальной оси – СКО. В качестве базовой числовой последовательности предсказания выбирается последний фрагмент из предсказанных на предыдущей итерации значений длиной, равной длине N окна.

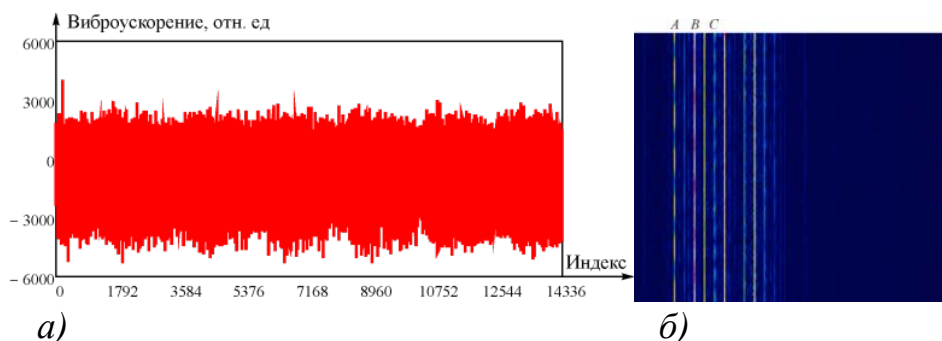


Рис 1. Вибрационный сигнал (а) и его спектрограмма (б) для давления впрыска 158 бар

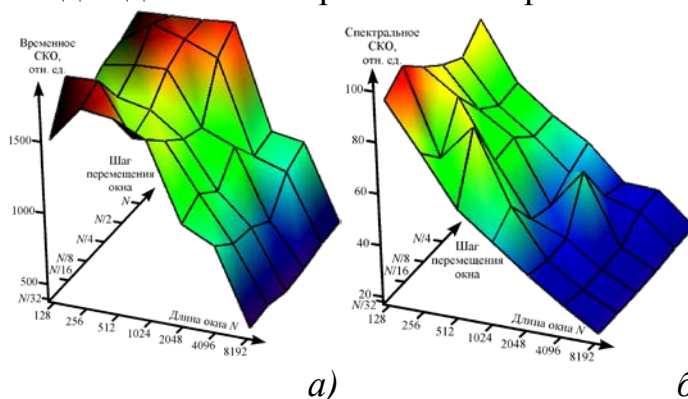


Рис 2. Зависимости временного (а) и спектрального (б) СКО от длины прямоугольного окна и шага *step* его перемещения

В графиках время-спектральных СКО очевидна обратная зависимость от длины окна, причём удовлетворительной длиной принято значение более 2048, а рекомендуемой 8192.

В отличие от размера окна зависимость СКО от шага *step* его перемещения и, соответственно, от длины предсказываемой числовой последовательности не настолько очевидная. Но как показывают исследования, время вычислений при увеличении размера предсказываемого участка в два раза сокращается также примерно вдвое и практически не зависит от длины окна. Поэтому, с точки зрения быстродействия следует использовать длину предсказываемого участка либо равную длине окна, либо её половине.

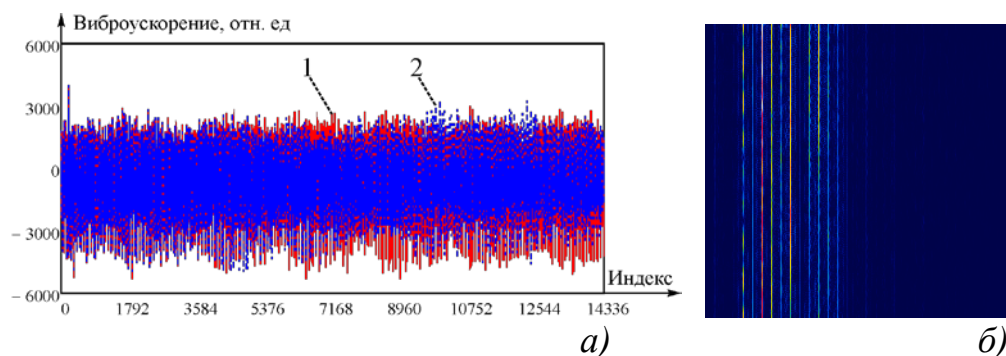


Рис 3. Графики (а) оригинального и предсказанного сигналов и спектрограмма (б) предсказанного сигнала

На рисунке 3, (а) изображены оригинальный вибрационный сигнал 1, совпадающий с сигналом на рисунке 1, (а), и линейно предсказанный сигнал 2 с параметрами предсказания $N = 4096$ и $step = N = 4096$. Результирующая спектрограмма для линейно предсказанного сигнала с учётом прямоугольного окна приведена на рисунке 3, (б) с целью её визуального сравнения со спектрограммой оригинального сигнала на рисунке 1, (б).

В результате исследований *MathCAD*-функции *predict()* линейного предсказания можно сделать следующие выводы:

1. Рекомендуемая минимальная длина окна $N = 2048$.
2. Рекомендуемый диапазон длины предсказываемой числовой последовательности и шага *step* перемещения окна:

$$(N / 4) \leq step \leq N.$$

3. Время вычислений зависит, главным образом, от шага *step* перемещения (он же равен длине предсказываемого участка) и практически не зависит от длины N окна.

4. Увеличение размера предсказываемого участка в два раза приводит к снижению времени вычислений также примерно вдвое.

5. Для длины окна $N \leq 256$ даже визуальный результат спектрограммы линейно предсказанного сигнала имеет неудовлетворительный вид. Для $N = 512, 1024$ и 2048 невозможно сделать однозначных выводов, и визуальное спектрограмма зависит от шага *step* перемещения окна; результат заметно улучшается с увеличением значения *step* и, соответственно, с увеличением длины предсказанного участка.

Литература

1. Нгуен, К. Х. Разработка методики анализа и синтеза речевых сигналов на основе линейного предсказания : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.16 / К. Х. Нгуен; БГУ. – Минск, 1991. – 15 с.
2. Максимов, М. И. Принципы работы и практическая реализация речевого кодека на основе метода линейного предсказания с возбуждением

от кода / М. И. Максимов, Н. А. Сидорова // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2008. – № 5. – С. 75 – 81.

3. Григорян, Д. С. Сверхразрешение по дальности при обработке радиолокационных сигналов с линейной частотной модуляцией когерентным методом линейного предсказания вперед-назад с прореживанием данных / Д. С. Григорян, С. М. Семченков // Журнал радиоэлектроники. – 2011. – № 8. – С. 1 – 16

4. Жешко, А. А. Диагностирование многоканальной измерительной системой с гибкой структурой форсунок фирмы BOSCH / А. А. Жешко, В. Е. Тарасенко, О. Ч. Ролич, А. В. Дунаев // Технический сервис машин. – 2021. – Т. 59 – № 1 (142) – С. 55 – 64.

ИОНОЛЕТ – ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЙ ДВИЖИТЕЛЬ: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

студент гр. 10309120 Шатило Д. А.

Научный руководитель - ассистент Козлов Ю.В.

Белорусский Национальный Технический Университет
Минск, Беларусь

Цель работы: экспериментальное исследование движителя на основе неоднородного электростатического поля.

Работа устройства основана на эффекте Бифельда-Брауна. Между электродами разного размера и конфигурации создается неоднородное электростатическое поле. Когда подаётся высокое напряжение на электроды, напряжённость поля вблизи одного из электродов (эмиттер) достигает настолько больших значений, что вблизи его загорается коронный разряд.

Коронный разряд — это самостоятельный газовый разряд, возникающий в резко неоднородных полях у электродов с большой кривизной поверхности (острия, тонкие провода). Зона вблизи такого электрода характеризуется значительно более высокими значениями напряженности поля по сравнению со средними значениями для всего промежутка.

В нём происходит самоподдерживающаяся ионизация молекул воздуха (кислорода в случае отрицательного напряжения на этом контакте, азота в случае положительного). Возникающие ионы перемещаются от эмиттера к коллектору, а при достижении коллектора нейтрализуются, (рисунок 1).

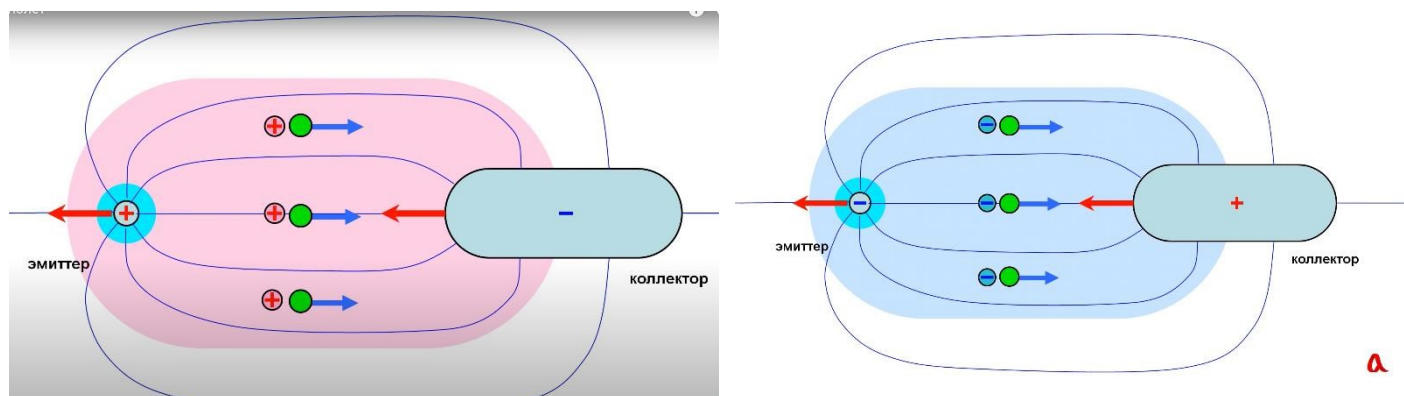


Рисунок 1 – Схема работы ионолета

По пути ионы сталкиваются с нейтральными молекулами воздуха, увлекая их за собой. Эмиттер знак «+», из-за чего происходит отталкивание от такого же знака облака ионов, а коллектор, где напряжение отрицательное, наоборот, притягивается к этому облаку. Именно эти силы приводят ионолёт в движение.

Работа Ионолета показана на рисунке 2. В качестве источника поля использован генератор высокого напряжения, максимальная величина напряжения – 30 кВ. В модели ионолета электроды выполнены из алюминиевой фольги и медной проволоки и укреплены на легких диэлектрических элементах.

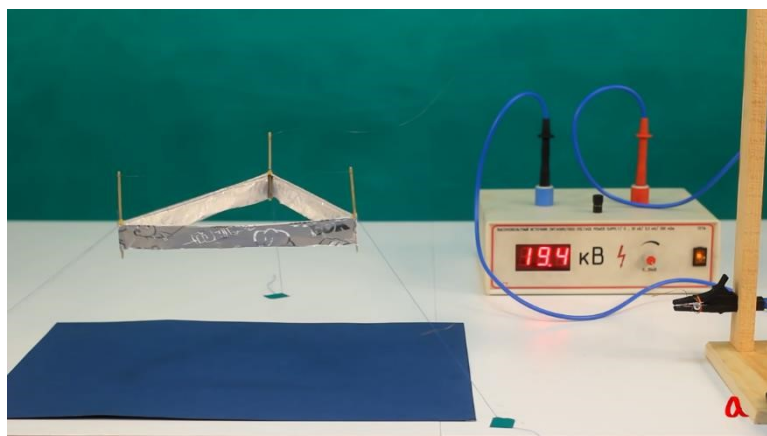


Рисунок 2 – Работа модели ионолета

Эксперимент был проведен при постепенном увеличении значения напряжения. Определяли зависимость тока между электродами от величины подаваемого на них напряжения (рисунок 3)

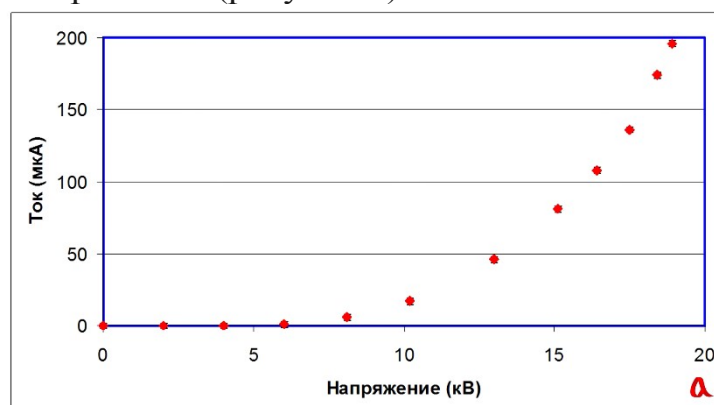


Рисунок 3 – График зависимости тока от напряжения

Эта зависимость имеет экспоненциальный вид, с резким увеличением тока при приближении значения напряжения к 20 кВ.

Возникающую силу тяги F определили по формуле:

$$F = I \cdot d/k \quad (1);$$

где I — ток между электродами; d — ширина диэлектрического зазора; k подвижность ионов.

Экспериментально силу тяги определяли с помощью электронных весов, при этом конструкция ионолета была ориентирована таким образом, чтобы сила тяги была направлена вниз (рисунок 4).

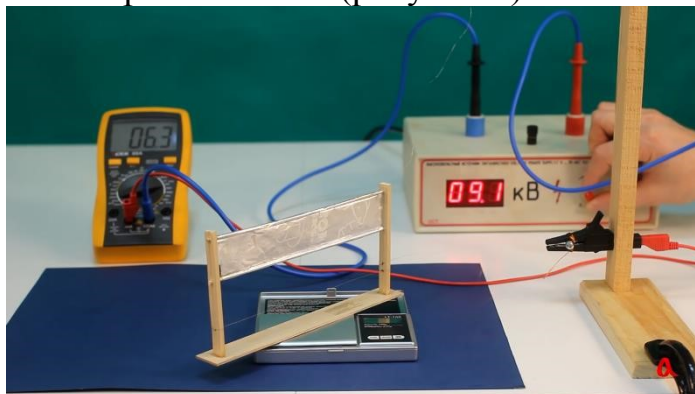


Рисунок 4. Определение силы тяги

Экспериментальная зависимость силы тяги от тока между электродами приведена на рисунке 5. Эта зависимость имеет характер близкий к линейному.

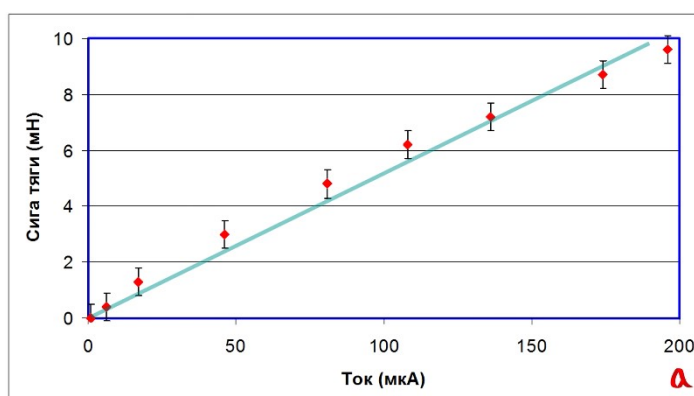


Рисунок 5 – Зависимость силы тяги от тока.

ПРОГРАММА ДЛЯ НЕЙРОСЕТЕВОЙ ОБРАБОТКИ МАССИВА СЕНСОРНЫХ ДАННЫХ

студент гр. 10307118 Гильнич Д. С.

Белорусский Национальный Технический Университет
Минск, Беларусь

Обработка данных рассматривается как систематизированная последовательность операций, совершаемых с данными для получения новой информации путем вычислений, пересмотра и уточнения имеющихся сведений.

Основные операции обработки, выполняемые с использованием компьютера, включают арифметические действия, а также логические операции принятия решений на основе сопоставления данных.

Путем выполнения определенных алгоритмов формируются новые информационные объемы за счет увеличения объема и разнообразия информации.

Выделяют числовую и нечисловую обработку данных.

При числовой обработке используются такие объекты, как переменные, векторы, матрицы, многомерные массивы, константы.

При нечисловой обработке, используются непосредственные сведения о предметах, а объектами могут быть файлы, записи, поля, иерархии, при этом содержание данных не имеет большого значения.

В данной работе использовались данные, полученные с выхода сенсорной системы, представляющей собой конструктивно обособленное устройство, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и хранения.

В качестве исследуемых сенсорных данных использованы шумовые сигналы, полученные при работе машин и механизмов, в том числе в случае наличия неисправностей. Обработка данных выполняется с помощью сверточной нейронной сети.

Искусственная нейронная сеть – математическая модель, а также её программное или аппаратное воплощение, построенная по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма. Искусственная нейронная сеть представляет собой систему соединённых и взаимодействующих между собой простых процессоров (искусственных нейронов).

Свёрточная нейронная сеть – специальная архитектура искусственных нейронных сетей, которая нацелена на эффективное распознавание образов, входит в состав технологий глубокого обучения. Название архитектура сети получила из-за наличия операции свёртки, суть которой в том, что каждый фрагмент изображения

умножается на матрицу (ядро) свёртки поэлементно, а результат суммируется и записывается в аналогичную позицию выходного изображения.

Работа свёрточной нейронной сети обычно интерпретируется как переход от конкретных особенностей изображения к более абстрактным деталям, и далее к ещё более абстрактным деталям вплоть до выделения понятий высокого уровня. При этом сеть самонастраивается и вырабатывает сама необходимую иерархию абстрактных признаков (последовательности карт признаков), фильтруя маловажные детали и выделяя существенное.

Следует отметить, что информативными методами шумового контроля являются измерения следующих характеристик:

- определение спектрального центроида, указывающего на частоту сосредоточения энергии сигнала в определенный момент времени;
- измерение спектрального спада, являющегося мерой формы сигнала, представляющего собой частоту, ниже которой лежит определенный процент от общей спектральной энергии
- ширина спектра, как ширина полосы частоты на половине максимальной точки и представлена двумя вертикальными линиями на оси частот;
- вычисление скорости пересечения нуля, числа пересечений нуля в пределах сегмента этого сигнала;
- определение мел-частотных кепстральных коэффициентов, представляющих собой небольшой набор признаков (обычно около 10–20), которые кратко описывают общую форму спектральной огибающей.

При нейросетевой обработке может использоваться как набор из нескольких характеристик, так и каждая из характеристик по отдельности.

В данной работе, в качестве информативного метода шумового контроля, использовались мел-частотные кепстральные коэффициенты.

Мел – единица высоты звука, основанная на восприятии этого звука нашими органами слуха. Подобные единицы измерения часто используют при решении задач распознавания, так как они позволяют приблизиться к механизмам человеческого восприятия.

После определения информативного метода шумового контроля из исследуемых сенсорных данных необходимо преобразовать его в изображение, которое можно использовать для обработки при помощи свёрточной нейронной сетью. Для этого будет использоваться спектрограмма, представляющая собой изображение, показывающее зависимость спектральной плотности мощности от времени.

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ СЕРВИСА ДЛЯ ПРОСЛУШИВАНИЯ МУЗЫКИ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Яснюк В. Е.

Научный руководитель - ст. преподаватель Карпович Е. Б.

Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь

Введение

На сегодняшний день музыкальные сервисы являются важнейшим средством релаксации, обеспечивающим музыкальными композициями часть людей и представляют услуги, которые не мыслимы без применения веб-приложений. По статистике веб-сайты для прослушивания музыки взяли на себя 36,4 % потребляемой музыки, а это более трети. Люди по всему миру привыкли к прослушиванию музыки в интернете, поэтому создание сервиса для прослушивания музыки является актуальным.

Целью данной работы является разработка веб-приложения сервиса для прослушивания музыки, которое будет иметь бесплатный функционал, подбор аудиозаписей исходя из музыкальных предпочтений пользователя, а также содержать плейлисты для прослушивания при различных повседневных задачах. Рекомендательная система подбора аудиозаписей и составленные плейлисты также помогут начинающим музыкантам продвигать свою музыку.

Основная часть

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- выполнить сравнительный анализ существующих аналогов;
- определить список функций необходимый для эффективной работы системы;
- реализовать проектирование системы, включая гибкую архитектуру;
- разработать алгоритмы работы программы;
- выбрать технические средства для разработки программы;
- выполнить технико-экономическое обоснование разработки системы;
- осуществить эргономическое проектирование приложения;
- реализовать спроектированную систему;
- протестировать полученное веб-приложение.

Деятельность пользователя зависит от выполняемой им в ходе работы в системе роли [1], определяемой посредством выбора типа пользователя: администратор, авторизованный или неавторизованный пользователь.

Веб-приложение реализовано на основе архитектурного шаблона MVC [2]. На рисунке 1 представлена архитектура данного проекта. Основная цель этого шаблона – изолировать представление информации от взаимодействия с пользователем.

Шаблон MVC разделяет код на три отдельные части:

- model (модель) – получает данные от контроллера, выполняет необходимые операции и передаёт их в вид;
- view (вид) – получает данные от модели и выводит их для пользователя;
- controller (контроллер) – обрабатывает действия пользователя, проверяет полученные данные и передаёт их модели.

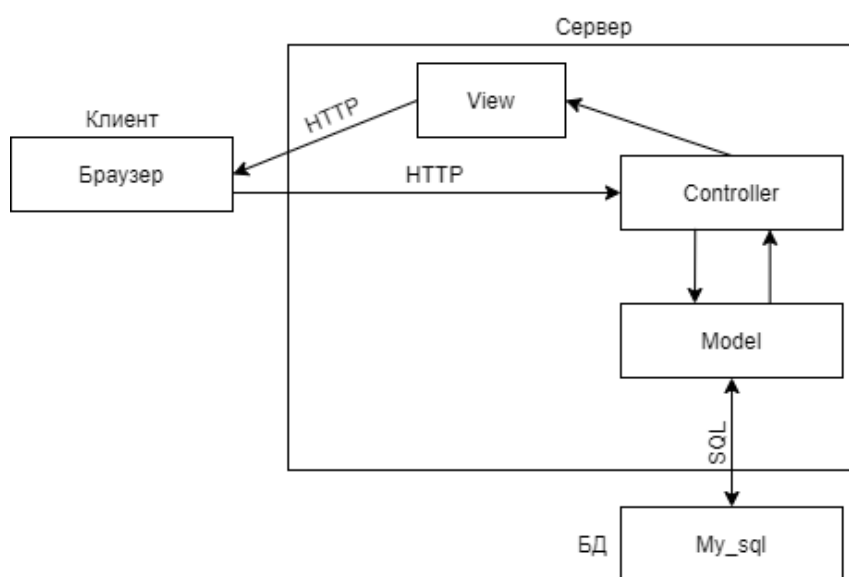


Рисунок 1 – Архитектура «клиент-сервер»

При реализации приложения использован следующий стек технологий:

- серверная часть приложения была разработана на программной платформе Node.JS [3] с использованием фреймворка Express;
- для создания клиентской части использована библиотека React [3];
- для организации хранения данных выбрана база данных PostgreSQL [3].

Заключение

В процессе разработки приложения проанализированы основные запросы потенциальных пользователей, изучены аналоги разрабатываемого приложения, выполнены этапы эргономического и дизайнерского проектирования и другие задачи, необходимые для реализации системы.

В результате проектирования разработано веб-приложение, что является наиболее оптимальным решением с точки зрения кроссплатформенности.

Литература

1.. Шупейко, И.Г. Эргономическое проектирование систем «человек – компьютер – среда». Курсовое проектирование/И.Г. Шупейко. – Минск: БГУИР, 2012. – 92 с.

2. Model-View-Controller [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.hexlet.io/blog/posts/что-такое-mvc> – Дата доступа: 25.03.2022.

3. Node [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://developer.mozilla.org/ru/docs/Learn/Serverside/Express_Nodejs/Introduction. – Дата доступа: 24.03.2022.

СОДЕРЖАНИЕ

СПЕКТРАЛЬНО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЕНЕРАТОРОВ СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ Адамонис А. В. <i>Научный руководитель Ролич О. Ч.....</i>	3
ДВИЖИТЕЛЬ МЕХАТРОННОГО УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ МЕХАНИЗМА РОСКЕТ-ВОГІЕ ДЛЯ ПРЕОДОЛЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ПРЕПЯТСТВИЙ Андреев Т. М.....	10
ВСТРАИВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ВОДЯНЫХ ЗНАКОВ В ИЗОБРАЖЕНИЯ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ Коробкин А. И. <i>Научный руководитель - Садов В. С.....</i>	14
ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ ИМПУЛЬСНОГО ПИТАНИЯ НА РАЗРЯДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАГНЕТРОННЫХ РАСПЫЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ Нестерчик Р.И. <i>Научный руководитель - Завадский С. М.....</i>	20
ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МАГНЕТРОННЫХ РАСПЫЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ПИТАНИИ Нестерчик Р.И. <i>Научный руководитель - Завадский С. М.....</i>	22
РАЗРАБОТКА УЗЛОВ САМОСБОРКИ НА ОСНОВЕ РАЗЪЁМНЫХ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДЛЯ МОДУЛЬНОЙ МЕХАТРОННОЙ СИСТЕМЫ Павлович Ю.Е. <i>Научный руководитель - Козлов Ю.В.....</i>	25
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛЕНОК $Ti_{0.8}Al_{0.2}O_y$ аспирант Доан Т. Х. <i>Научный руководитель - Голосов Д.А.....</i>	31
АВТОМАТИЧЕСКАЯ СЕНСОРНО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА НА ОСНОВЕ ARDUINO UNO И LABVIEW Жолуд Е.И. <i>Научный руководитель - Польшкова Е.В.....</i>	37
ДВИЖИТЕЛЬ МЕХАТРОННОГО УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВСЕНАПРАВЛЕННЫХ КОЛЁС <i>Игнатюк Н. С.....</i>	41
МЕХАТРОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ И ДЕРЕВООБРАБОТКИ Гурский А.О. <i>Научный руководитель - Козлов Ю.В.....</i>	56

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ МЕХАТРОННАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВКИ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ Яцинович Н.С. <i>Научный руководитель - Полынцева Е.В.</i>	62
ПОТОКОВОЕ ВСТРАИВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ В СЛУЧАЙНУЮ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ Шмат И. В. <i>Научный руководитель - Ролич О. Ч.</i>	65
РАСПОЗНАВАНИЕ ДАННЫХ В ПРОТОКОЛАХ МЕДИЦИНСКИХ ОБСЛЕДОВАНИЙ Шуманов В. Е. <i>Научный руководитель - Головатая Е. А.</i>	72
УЧЁТ РАСПОЛОЖЕНИЯ MEMS-ДАТЧИКА ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ПО ЕГО СИГНАЛАМ Вашилов А. Д. <i>Научный руководитель - Ролич О. Ч.</i>	74
ФИЛЬТРАЦИЯ ПОТОКА ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ЭКВАЛИЗАЦИИ Невейков А. С. <i>Научный руководитель - Ролич О. Ч.</i>	77
АНАЛИЗ РАБОТЫ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ Витковская А. В. <i>Научный руководитель - Ролич О. Ч.</i>	80
ОЦЕНКА ИЗНОСА ДИЗЕЛЬНЫХ ФОРСУНОК ПО СПЕКТРОГРАММАМ СИГНАЛОВ АКСЕЛЕРОМЕТРА Дановский В. Д. <i>Научный руководитель - Ролич О. Ч.</i>	82
РАСПОЗНАВАНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО НАСТРОЕНИЯ В ТЕКСТОВЫХ И АУДИО СООБЩЕНИЯХ Кравченко В. И. <i>Научный руководитель - Ролич О. Ч.</i>	84
АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ В ВИДЕОПОТОКЕ Крез К. С. <i>Научный руководитель - Ролич О. Ч.</i>	90
ПОРТАТИВНЫЙ СКАНЕР BAR-КОДОВ И NFC-МЕТОК Русак И. В. <i>Научный руководитель - Ролич О. Ч.</i>	92
КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ВЕКТОРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ТЕХНИЧЕСКОМ ЗРЕНИИ	

Хотько К. Ю. <i>Научный руководитель - Ролич О. Ч</i>	94
СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗВУКОВОГО СИГНАЛА НА ОСНОВЕ БЫСТРОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ХАРТЛИ ДЛЯ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO	
Белов А. Д. <i>Научный руководитель - Ролич О. Ч</i>	97
РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ В РЕЖИМЕ УДАЛЕННОГО ДОСТУПА	
Науменко В.А. <i>Научный руководитель – Полянкова Е.В</i>	100
РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО МЕТОДИЧЕСКОГО ПОСОБИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ОТОБРАЖЕНИЕ ПЛОСКОСТЕЙ ПРИ БИЛИНЕЙНОМ ПРЕОБРАЗОВАНИИ»	
Жолуд Е.И. <i>Научный руководитель – Романюк Г. Э</i>	106
ИНТЕРАКТИВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА С ПОДДЕРЖКОЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ	
Устинский Н. А. <i>Научный руководитель - Головатая Е. А</i>	109
СОВРЕМЕННЫЙ УРОВЕНЬ РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ	
Шан Вэньли <i>Научный руководитель – Головатая Е.А</i>	112
МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УЗ «Глусская ЦРБ»	
Бувеский И. В. <i>Научный руководитель – Садов В. С</i>	117
ВЛИЯНИЕ ШИФРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ГИСТОГРАММЫ ЯРКОСТЕЙ ИХ ПИКСЕЛЕЙ	
Новоженина А. В. <i>Научный руководитель – Садов В. С</i>	122
АЛГОРИТМЫ ОТОБРАЖЕНИЯ СЕНСОРНЫХ ДАННЫХ И ДАННЫХ УПРАВЛЕНИЯ НА КОДОВЫХ ШКАЛАХ И НА ШКАЛАХ ЕСТЕСТВЕННЫХ РАЗМЕРНОСТЕЙ	
Богданова Е. А. <i>Научный руководитель – Зайцев В. М</i>	128
ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СРЕДЕ MATHCAD	
Науменко В. А. <i>Научный руководитель – Романюк Г. Э</i>	132

АНАЛИЗ МЕЖПИКСЕЛЬНЫХ СВЯЗЕЙ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИХ КОНТЕЙНЕРОВ-ИЗОБРАЖЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ЖАНРОВ Мамчик М. С. <i>Научный руководитель – Садов В. С.....</i>	<i>139</i>
ИССЛЕДОВАНИЕ СТАНДАРТНЫХ ФУНКЦИЙ ПРЕДСКАЗАНИЯ ПРОЦЕССОВ Дановский В. Д. <i>Научный руководитель - Ролич О. Ч.....</i>	<i>146</i>
ИОНОЛЕТ (ЛИФТЕР) Шатило Д. А <i>Научный руководитель - Козлов Ю.В.....</i>	<i>150</i>
ПРОГРАММА ДЛЯ НЕЙРОСЕТЕВОЙ ОБРАБОТКИ МАССИВА СЕНСОРНЫХ ДАННЫХ Гильнич Д. С.....	<i>153</i>
ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ СЕРВИСА ДЛЯ ПРОСЛУШИВАНИЯ МУЗЫКИ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ Яснюк В. Е. <i>Научный руководитель - Карпович Е.Б.....</i>	<i>155</i>