

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Интеллектуальные и мехатронные системы»

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ, СЕНСОРНЫЕ И МЕХАТРОННЫЕ СИСТЕМЫ-2020

Сборник научных трудов

(по материалам студенческих научно-технических конференций)

М и н с к
Б Н Т У
2 0 2 0

Редакционная коллегия:
В.М. Зайцев, В.А. Гулай, А.В. Дубовик

Представлены материалы докладов студенческих научно-технических конференций кафедры «Интеллектуальные и мехатронные системы» БНТУ. Тематика охватывает широкий круг проблем построения интеллектуальных систем обработки информации, сенсорных и мехатронных систем.

© Белорусский национальный
технический университет, 2020

**АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ OCR
РАСПОЗНАВАНИЯ ТЕКСТА НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ**

студент гр.814301 Шакун В.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Роллч О. Ч.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Вычислительные системы существуют не один десяток лет, и главной целью их создания являлась возможность замены человека и выполнения за него трудоемкой работы. К подобным системам относятся системы распознавания текстовой информации [1].

Алгоритмы распознавания текста используются в различных сферах. Они требуются для оцифровки старых книг, перевода текста изображения в электронный вид, облегчают процессы распознавания почтового индекса и идентификационного номера паспорта.

Распознавание текста – задача сложная для реализации. Человек для этого задействует комплекс знаний и опыта, выделяя текст из совокупности сигналов органов чувств, затем характерные признаки символов, и на основании собственного опыта делает вывод о значении символа и всего текста.

Разработчики программ распознавания текста сталкиваются с проблемами наложения символов друг на друга, их похожести в различных языках, низкого качества изображения, а также наличия шума на изображении. До сих пор не разработано программы, которая обеспечивала бы полную достоверность распознавания, поэтому в процесс распознавания символов и по сей день требуется вмешательство человека.

Целью данной работы является исследование технологии OCR (optical character recognition) для распознавания текстовой информации на изображениях. Объектом исследования является программная библиотека tesseract, основанная на технологии OCR.

Системы OCR состоят из следующих основных блоков, предполагающих аппаратную или программную реализацию и определяющих последовательность шагов обработки и анализа изображений: блок сегментации (локализации и выделения) элементов текста; блок предобработки изображения; блок выделения признаков; блок распознавания символов; блок постобработки результатов распознавания [2, 3].

Сначала осуществляется выделение текстовых областей, строк и разбиение связанных текстовых строк на отдельные знакоместа, каждое из которых соответствует одному текстовому символу.

После разбиения (а иногда до или в процессе разбиения) символы, представленные в виде двумерных матриц пикселей, подвергаются сглаживанию, фильтрации с целью устранения шумов, нормализации размера, а также другим преобразованиям с целью выделения образующих элементов или численных признаков, используемых впоследствии для их распознавания.

Распознавание символов происходит в процессе сравнения выделенных характерных признаков с эталонными наборами и структурами признаков, формируемыми и запоминаемыми в процессе обучения системы на эталонных и/или реальных примерах текстовых символов.

На завершающем этапе смысловая или контекстная информация может быть использована как для разрешения неопределенностей, возникающих при распознавании отдельных символов, обладающих идентичными размерами, так и для корректировки ошибочно считанных слов и фраз в целом.

При поступлении изображения на распознавание могут быть различные начальные условия: шумы, неправильная расположенность изображения, смазанность и

другое. Именно поэтому предобработка является важным этапом в процессе распознавания символов и позволяет производить сглаживание, нормализацию, сегментацию и аппроксимацию отрезков линий. Под сглаживанием в данном случае понимается большая группа процедур обработки изображений. В частности, широко используются морфологические операторы заполнения и утончения. С помощью заполнения можно устранить небольшие разрывы и пробелы. Утончение представляет собой процесс уменьшения толщины линии, в которой на каждом шаге области размером в несколько пикселей ставится в соответствие только один пиксель «утонченной линии».

В технологии OCR используется и алгоритм бинарной фильтрации как «стирание бахромы». Его суть заключается в последовательном стирании крайних элементов (например, крайнего верхнего, нижнего, левого и правого пикселей) на неровностях у границ символа, которые чаще всего мешают точному их определению, размеров символа и дальнейшему его распознаванию по контурному признаку.

Если в качестве апертуры фильтра выбрана окрестность второго порядка размером 3×3 , то под крайним верхним пикселем понимается такой пиксель, в апертуре 3×3 которого наблюдаются следующие сочетания:

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix},$$

где 0 обозначает элемент фона, 1 – элемент символа. С помощью поворота перечисленных матриц на 90° , 180° и 270° получаются определения соответственно крайнего левого, крайнего нижнего и крайнего правого пикселей.

При фильтрации с целью стирания бахромы все определенные таким образом краевые пиксели стираются. Стираются также изолированные пиксели, не имеющие соседних пикселей символа в апертуре 3×3 . Остальные пиксели, не являющиеся крайними или изолированными, переносятся на отфильтрованное изображение без изменения.

По аналогии с описанным стиранием бахромы из единиц можно ввести стирание бахромы из нулей. При этом «краевые нули», апертуры которых соответствуют представленным выше матрицам с заменой единиц на нули и нулей на единицы, также «стираются», то есть замещаются единицами.

Алгоритм комбинированного стирания бахромы одновременно оперирует единицами по символу и нулями по фону. После использования данного алгоритма значительно увеличивается вероятность точного распознавания символов.

Для неправильно ориентированных изображений символов применяется геометрическая нормализация, отвечающая за устранение наклонов, перекосов отдельных символов и за корректирование их длины и ширины.

Процедура сегментации осуществляет разбиение изображения текста на отдельные объекты-сегменты: строки, слова и образы-символы. Данное решение эффективно лишь в случаях, когда символы текста не перекрывают друг друга. Слияние символов может быть вызвано типом шрифта, которым набран текст, плохим разрешением печатающего устройства или высоким уровнем яркости, выбранным для восстановления разорванных символов.

Под аппроксимацией отрезков линий понимается составление графа описания символа в виде набора вершин и прямых ребер, которые непосредственно аппроксимируют цепочки пикселей исходного изображения. Данная аппроксимация осуществляется для уменьшения объема данных и может использоваться при распознавании, основанном на выделении признаков, описывающих геометрию и топологию изображения.

Одной из самых сложных задач в распознавании образов является выделение признаков для каждого из них. На данный момент существует большое количество систем признаков. Проблема заключается в выделении именно тех признаков, которые позволят эффективно отличать один класс символов от всех остальных в данной конкретной задаче.

Так, метод сравнения образа с эталоном считается достаточно эффективным в распознавании символов. В этом случае определяется степень сходства между образом и каждым из эталонов. Классификация тестируемого изображения символа происходит по методу ближайшего соседа. Тем не менее, у данного корреляционного метода есть недостаток: любые помехи на изображении могут помешать грамотному распознаванию символа, поэтому применяются другие, специальные способы сравнения образов.

В статистической группе методов выделение признаков осуществляется на основе анализа статистических распределений точек. Известные методики этой группы используют вычисление моментов и подсчет пересечений. Моменты различных порядков с успехом используются в самых различных областях машинного зрения в качестве дескрипторов формы выделенных областей и объектов. В случае распознавания текстовых символов, в качестве набора признаков применяются значения моментов совокупности «черных» пикселей относительно некоторого выбранного центра. Наиболее общеупотребительными в приложениях такого рода являются построчные, центральные и нормированные моменты. Для цифрового изображения, хранящегося в двумерном массиве $f[x][y]$, построчные моменты являются функциями координат каждой точки изображения следующего вида:

$$m_{p,q} = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} x^p y^q f[x][y],$$

где $p, q = 0, 1, \dots, \infty$, M и N являются размерами изображения по вертикали и горизонтали, $f[x][y]$ – яркость пикселя в точке (x, y) на изображении.

Центральные моменты являются функцией расстояния точки от центра «тяжести» символа:

$$m_{p,q} = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f[x][y],$$

где (\bar{x}, \bar{y}) – координаты центра «тяжести» сегментированной области.

Нормированные центральные моменты получаются в результате деления центральных моментов на моменты нулевого порядка.

Следует отметить, что строковые моменты, как правило, обеспечивают более низкий уровень распознавания. Центральные и нормированные моменты предпочтительны вследствие их большей инвариантности к преобразованиям изображений.

В методе пересечений признаки формируются путем подсчета того, сколько раз и каким образом произошло пересечение изображения символа с выбранными прямыми, проводимыми под определенными углами. Этот метод часто используется в коммерческих системах благодаря его инвариантности к дисторсии и небольшим стилистическим вариациям написания символов, а также обладает достаточно высокой скоростью и не требует высоких вычислительных затрат.

Метод зон предполагает разделение площади рамки, в которую заключен символ, на области и последующее использование плотностей точек в различных областях в качестве набора характерных признаков.

В методе матриц смежности в качестве признаков рассматриваются частоты совместной встречаемости «черных» и «белых» элементов в различных геометрических комбинациях.

Метод характеристических мест использует в качестве признака число раз, которое вертикальный и горизонтальный векторы пересекают отрезки линий для каждой светлой точки в области фона символа.

К методам распознавания текста на базе интегральных преобразований относятся методы на основе интегралов Фурье и Фурье-преобразования, часто используемого как при распознавании символов, так и в работе со звуковыми файлами. Среди современных технологий распознавания, основанных на преобразованиях, выделяются методы, использующие Фурье-дескрипторы символов, а также частотные дескрипторы границ. Преимущества методов, использующих преобразование Фурье-Меллина, связаны с тем, что они обладают инвариантностью к масштабированию, вращению и сдвигу символа. Основной недостаток этих методов заключается в нечувствительности к резким скачкам яркости на границах. Например, по спектру пространственных частот сложно отличить символ «О» от символа «Q». В то же время при фильтрации шума на границах символа это свойство может оказаться полезным.

В методах распознавания текста на основе структурных составляющих структурные признаки обычно используются для выделения общей структуры образа. Они описывают геометрические и топологические свойства символа. Проще всего представить идею структурного распознавания символа текста применительно к задаче автоматического считывания почтовых индексов. В этом случае расположение каждого возможного отрезка-штриха уже заранее известно и различия символов заключаются в наличии или отсутствии целого штриха.

При анализе структурных составляющих сложных текстов дополнительную информацию вносят образы штрихов. Они помогают при определении характерных особенностей изображения: концевых точек, точек пересечения отрезков, замкнутых циклов. Так, если матрица, содержащая утонченный символ, разделена на девять прямоугольных областей в виде сетки 3×3, каждой из которых присвоен буквенный код от «А» до «I» (или от 0 до 8), то символ может рассматриваться как набор штрихов. При этом штрих, соединяющий некоторые две точки в начертании символа, может являться линией (L) или кривой (C). Штрих считается отрезком (дугой) кривой, если его точки удовлетворяют выражению [4]

$$ABS \left| \frac{\sum_{i=1}^n ax_i + by_i + \frac{c}{\sqrt{a^2 + b^2}}}{n} \right| > 0.69.$$

В противном случае считается, что это прямолинейный отрезок. В данной формуле (x_i, y_i) является точкой, принадлежащей штриху; $ax + by + c = 0$ – уравнение прямой, проходящей через концы штриха; коэффициент 0.69 получен опытным путем. Далее символ может быть описан набором своих отрезков и дуг. Например, запись {«ALC», «ACD»} означает наличие прямой, проходящей из области «А» в область «С», и кривой, проходящей из области «А» в область «D» соответственно.

Основное достоинство структурных методов распознавания определяется их устойчивостью к сдвигу, масштабированию и повороту символа на небольшой угол, а также – к возможным дисторсиям и различным стилевым вариациям и небольшим искажениям шрифтов.

В существующих OCR-системах используются разнообразные алгоритмы классификации, то есть отнесения признаков к различным классам объекта. Они

существенно различаются в зависимости от принятых наборов признаков и применяемой по отношению к ним стратегии классификации.

Для классификации по признаку формируется набор векторов признаков, выступающих в роли эталонных, для каждого символа. На стадии обучения программы разработчик загружает большое количество образцов начертания символов, для чего, в том числе, используются словари. При этом для каждого образца система выделяет признаки и сохраняет их в виде соответствующего вектора признаков. Таким образом определяется кластер или класс в виде набора векторов признаков, описывающих символ.

В процессе использования системы OCR может появиться необходимость дополнительного обучения и задания новых векторов признаков или увеличения базы существующих кластеров.

На этапе распознавания в случае анализа по кластерам необходимо определить вектор признаков данного символа, а затем сравнивать с каждым классом, полученным ранее. Совпадение векторов признаков означает, что символ, наиболее вероятно, будет верно распознан. Алгоритмы классификации основаны на определении степени близости набора признаков рассматриваемого символа к каждому из классов. Правдоподобие получаемого результата зависит от выбранной метрики пространства признаков. Наиболее известной метрикой признакового пространства является традиционное евклидово расстояние:

$$D_j^E = \sqrt{\sum_{i=1}^N (F_{j,i}^L - F_i^L)^2},$$

где $F_{j,i}^L$ – i -й признак из j -го эталонного вектора; F_i^L – i -й признак тестируемого изображения символа.

При классификации по методу ближайшего соседа символ будет отнесен к классу, вектор признаков которого наиболее близок к вектору признаков тестируемого символа. Недостатком данного метода является то, что при увеличении набора классов и признаков значительно снижается скорость распознавания символа.

Одна из методик, позволяющих улучшить метрику сходства, основана на статистическом анализе эталонного набора признаков. При этом в процессе классификации более надежным признакам отдается больший приоритет:

$$D_j^E = \sqrt{\sum_{i=1}^N w_i (F_{j,i}^L - F_i^L)^2},$$

где w_i – вес i -го признака.

Другая методика классификации, требующая знания априорной информации о вероятностной модели текста, основана на использовании формулы Байеса. Из правила Байеса следует, что рассматриваемый вектор признаков принадлежит классу « j », если отношение правдоподобия λ больше, чем отношение априорной вероятности класса j к априорной вероятности класса i .

В достоверных системах OCR процесс распознавания не является достаточным и конечным, так как для верного растолкования целого набора символов и слов необходимо понимать контекст.

Существует множество OCR-приложений, использующих глобальные и локальные позиционные диаграммы, триграммы, n -граммы, словари и различные сочетания всех этих методов. Наибольший интерес представляют два подхода к решению данной задачи: словарь и набор бинарных матриц, аппроксимирующих структуру словаря.

Доказано, что словарные методы являются одними из наиболее эффективных при определении и исправлении ошибок классификации отдельных символов [4, 5]. При этом после распознавания всех символов некоторого слова словарь просматривается в поисках слова с учетом того, что оно, возможно, содержит ошибку. Если слово найдено в словаре, это не говорит об отсутствии ошибок. Ошибка может превратить одно слово, находящееся в словаре, в другое, также входящее в словарь. Такая ошибка не может быть обнаружена без использования смысловой контекстной информации: только она может подтвердить правильность написания. Если слово в словаре отсутствует, считается, что в слове допущена ошибка распознавания. Для исправления ошибки прибегают к замене такого слова на наиболее похожее слово из словаря. Если в словаре найдено несколько подходящих кандидатур для замены, то исправление не производится. В случае такого проблемного распознавания некоторые системы имеют реализованную возможность выбора подходящего к контексту слова пользователем.

Недостатком данного метода является то, что из-за объемности словаря, процесс поиска требуемого слова занимает достаточно много времени. Из-за этого весь процесс постобработки становится неэффективным.

Некоторые разработчики с целью преодоления трудностей, связанных с использованием словаря, пытаются выделять информацию о структуре слова из самого слова. Такая информация говорит о степени правдоподобия n -граммов (символьных последовательностей, например, пар или троек букв) в тексте. n -граммы также могут быть глобально позиционированными, локально позиционированными или вообще непозиционированными. Например, степень достоверности непозиционированной пары букв может быть представлена в виде бинарной матрицы, элемент которой равен 1, тогда и только тогда, когда соответствующая пара букв имеется в некотором слове, входящем в словарь. Позиционная бинарная диаграмма $D_{i,j}$ является бинарной матрицей, определяющей, какая из пар букв имеет ненулевую вероятность возникновения в позиции (i, j) . Набор всех позиционных диаграмм включает бинарные матрицы для каждой пары положений.

Таким образом, технология OCR позволяет достаточно точно распознавать текст на изображениях, кроме вариантов, когда непосредственно текст искажен. Это могут быть случаи перекрытия символами друг друга или схожести образов одних символов на другие (например, сочетание букв «LI» может быть распознано, как «U»). Но до сих пор не разработана технология, позволяющая в автоматизированном режиме распознать текст без погрешностей, поэтому в данном вопросе ещё требуется вмешательство человека.

Литература

1. Бройдо, В. Л. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации / В. Л. Бройдо. — СПб.: Питер, 2004. — 703 с.
2. Визильтер, Ю. В. Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW IMAQ Vision / Ю. В. Визильтер, С. Ю. Желтов, В. А. Князь и др. — М.: ДМК-Пресс, 2009. — 465 с.
3. Волкова, М. А. Методы обработки и распознавания изображений / М. А. Волкова, В. Р. Луцив. — СПб: Университет ИТМО, 2016. — 40 с.
4. Липкина, А. Распознавание текста по структуре скелета букв / А. Липкина. — М.: МГУ им. Ломоносова, 2018. — 31 с.
5. Суясов, Д. И. Разработка алгоритмов распознавания текста на основе клеточных автоматов / Д. И. Суясов. — СПб.: ИТМО, 2007. — 88 с.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИСКАЖЕННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

студент гр. 814301 Скурко И. А.

Научный руководитель - к.т.н., доцент Ролич О. Ч.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

В прикладных областях, связанных с цифровой обработкой сигналов, актуальна задача восстановления искаженных изображений [1, 2]. Проблема смазывания изображений имеет место в таких системах, как цифровые фото или видеокамеры, микроскопы, телескопы, томографы, фотоаппараты и т.д. С помощью современных математических и программных инструментов проблема искаженных изображений решается путем нахождения функции размытия и применения цифровых линейных фильтров.

В данной работе рассматриваются два типа искаженных изображений: смазанные и расфокусированные. Цель работы заключается в построении математической модели искажения изображений и разработке алгоритма для их восстановления.

Представляя изображение в виде вещественной функции $F(x, y)$ двух переменных, $x \in [0; W]$, $y \in [0; H]$, где W и H – соответственно ширина и высота изображения в пикселях (для полутоновых изображений значения функции $F(x, y)$ колеблются в промежутке $[0; 255]$), процесс его искажения описывается выражением

$$g(x, y) = h(x, y) \otimes f(x, y) + \eta(x, y) \quad (1)$$

где $g(x, y)$ – искаженное изображение, $f(x, y)$ – идеальное (неискаженное) изображение, $h(x, y)$ – искажающая функция (или функция размытия), $\eta(x, y)$ – аддитивный шум, \otimes – операция свертки.

Рассматриваемые в (1) функции являются непрерывными, зависящими от непрерывных пространственных координат (x, y) . Задача восстановления искаженного изображения заключается в нахождении наилучшего приближения $f'(x, y)$ исходного изображения к $f(x, y)$. В случае расфокусированного изображения каждый пиксель «собирается» из пикселей некоторой его окрестности, превращаясь в пятно, в случае смазанного – в линию. Закон, по которому смазывается пиксель, в теории обработки цифровых изображений называется функцией рассеяния точки или PSF (Point Spread Function). Для расфокусированных изображений PSF представляет собой круг с нечеткими границами, для смазанных – отрезок, расположенный под углом, равным углу смаза.

Для восстановления функции $f(x, y)$ необходимо обратить свертку, т.е. провести деконволюцию. С помощью теоремы о свертке, гласящей, что операция свертки в пространственной области эквивалентна поэлементному умножению в частотной области, деконволюция выполняется посредством применения операторов прямого и обратного дискретных преобразований Фурье.

Исходя из теоремы о свертке, свертка $h(x, y) \otimes f(x, y)$ преобразуется в произведение $H(u, v) \cdot F(u, v)$ в частотной области:

$$h(x, y) \otimes f(x, y) \leftrightarrow H(u, v)F(u, v),$$

где $H(u, v)$ и $F(u, v)$ – это Фурье-образы искажающей функции $h(x, y)$ и функции $f(x, y)$ исходного изображения соответственно, (u, v) – пространственные частоты по взаимно перпендикулярным направлениям.

На качество и точность полученного результата влияет функция $\eta(x, y)$ аддитивного шума. Один из самых известных подходов фильтрации изображения, который учитывает величину аддитивного шума, – это использование фильтра Винера [2]. В этом подходе изображение и шум рассматриваются как случайные процессы, и находится такая приближенная функция неискаженного изображения, при которой среднеквадратическое отклонение функций $f(x, y)$ и $f'(x, y)$ было минимальным. Минимум данного отклонения достигается на функции именно в частотной области.

В частотной области выражение (1) переписывается в виде

$$G(u, v) = H(u, v)F'(u, v) + N(u, v),$$

где $G(u, v)$ – Фурье-образ функции искаженного изображения, $H(u, v)$ – Фурье-образ искажающей функции, $F'(u, v)$ – Фурье-образ восстановленного изображения, максимально приближенного к оригиналу, $N(u, v)$ – Фурье-образ функции аддитивного шума.

Задача сводится к нахождению функции $F'(u, v)$. В фильтрации Винера, как было отмечено ранее, аддитивный шум рассматривается в виде случайного процесса, поэтому устранение шума происходит внутри функции $F'(u, v)$, полученной Винером:

$$F'(u, v) = \left(\frac{1}{H(u, v)} \frac{|H(u, v)|^2}{|H(u, v)|^2 + \frac{S_\eta(u, v)}{S_f(u, v)}} \right) G(u, v), \quad (2)$$

где функции $S_\eta(u, v)$ и $S_f(u, v)$ – это энергетические спектры шума и исходного изображения соответственно.

Поскольку величины $S_\eta(u, v)$ и $S_f(u, v)$ определить проблематично, потому что шум – случайный процесс, дробь $\frac{S_\eta(u, v)}{S_f(u, v)}$ принято заменять константой K , характеризующей резкость изображения [3].

В случае отсутствия шума на изображении спектральная плотность $S_\eta(u, v)$ шума устремляется к нулю, и фильтр Винера (2) превращается в обычный обратный фильтр.

В результате решения поставленной задачи на языке программирования Python реализована программа восстановления смазанных и расфокусированных изображений на базе фильтра Винера. В программе настраивается четыре параметра: тип искажения, угол искажения (для смазанных изображений), радиус искажения, константа K резкости изображения. Программа импортирует цветное изображение в «оттенках серого», и при изменении выше перечисленных параметров отображает результат. Пример работы программы по восстановлению смазанной фотографии автомобиля представлен на рисунке 1.

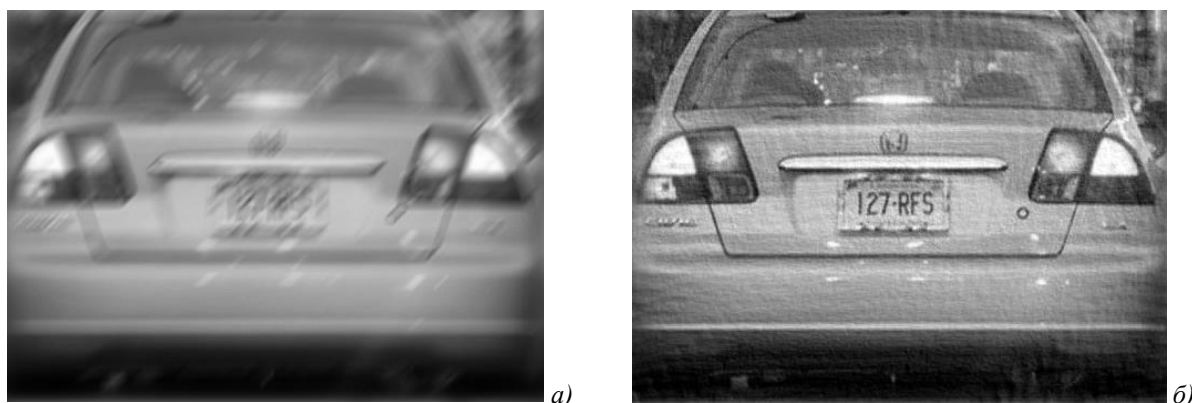


Рис.1. Исходно смазанное (а) и восстановленное (б) изображение автомобиля.

Таким образом, в работе проанализирован математический аппарат восстановления смазанных и расфокусированных изображений и разработана программа, его реализующая. Запрограммирован фильтр Винера в зависимости от заданной пользователем функции рассеяния точки.

Литература

1. Воронин, В. В. Восстановление искаженных пикселей изображений на основе текстурно-геометрической модели / В. В. Воронин, Е. А. Семенищев, В. А. Франц, И. С. Свиригин // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 12 – С. 17 – 21.
2. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
3. Ключников, А. С. Алгоритмы и программы цифровой обработки информации / А. С. Ключников, Е. А. Краснобаев [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: https://lib.vsu.by/xmlui/bitstream/handle/123456789/2240/Алгоритмы_и_программы_цифровой_обработки_информации.pdf?sequence=5&isAllowed=y.

УДК 004.93

АНАЛИЗ ЗВУКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ СПЕКТРОГРАММ

студенты гр. 814301 Маскалик Д. Д., Шепелевич М. М.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Ролич О. Ч.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Важную роль в сенсорных системах играют звуковые сигналы. Их анализ позволяет распознавать зарождающиеся и нарастающие внутренние дефекты при диагностике машинных механизмов в процессе работы, без их остановки и разборки [1].

Для оценки состояний звуковых диапазонов, способных отвечать за работу отдельных подвижных деталей машинных механизмов, в обширном звуковом спектре сигналы требуют спектральной визуализации. Один из способов спектральной визуализации сигналов – это спектрограммы. Спектрограмма, изображающая частоты звука с их амплитудами, представляет график с тремя измерениями: одна ось отвечает за время, другая – за частоту, третье измерение указывает амплитуду на определенной частоте и представляется интенсивностью цвета [2]. В целом, спектрограммы используются в области музыки, сонаров, радаров, сейсмологии, распознавании речи и т. д. [3]. Их обработка как изображения позволяет идентифицировать поведение исследуемых объектов [4].

В построении изображения спектрограммы центральное место занимает дискретное преобразование Фурье, посредством которого вычисляется спектр цифрового сигнала $f[n]$:

$$F(m, w) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} f[n]W[n-m]e^{-jwn} ,$$

где n и m – индексы массивов, $W[n-m]$ – оконная функция (синус-окно, прямоугольное окно, окно Хемминга и т.п.), w – частота.

На практике дискретное преобразование Фурье заменяется быстрым Фурье-преобразованием, и общий алгоритм построения спектрограммы сводится к следующему. Поток аудиоданных разбивается на некоторое количество отсчетов. Далее формируются выборки, содержащие в себе равное количество отсчетов. Каждая выборка

умножается на окно и подвергается быстрому преобразованию Фурье. Окончательное изображение формируют столбцы, получаемые из каждой выборки в ходе применения следующей формулы:

$$S[w][fr] = 20 \cdot \lg(|C[w]| + 0,001),$$

где $S[w][fr]$ – участок изображения спектрограммы, расположенный в строке с индексом w и в столбце с индексом fr ; $C[w]$ – амплитуда гармоники на частоте w во временной выборке с номером fr .

После получения изображения спектрограммы оно подвергается цифровой обработке для выявления определенных характеристик. Сначала выполняется сегментация изображения, способная выявить области, например, повышенной интенсивности сигнала на определенных частотах или уровня «шумовой полки» – части спектрограммы на высоких частотах, представленной достаточно сплошной цветовой областью. На следующем шаге выявленные области представляются внешними (границей) и внутренними (совокупностью элементов изображения) характеристиками.

Граница области определяется цепным кодом. Для этого на изображение накладывается сетка дискретизации, в результате чего получается новый вид дискретизации, а граница представляется 8-связным цепным кодом – набором номеров направлений векторов.

Для описания границ и непосредственных областей используются дескрипторы. Простой дескриптор описывает площадь области (количество содержащихся в ней пикселей) и её периметр (длину границы). Дескриптор компактности определяется коэффициентом округлости в виде отношения площади области к площади круга как максимально компактной фигуры с таким же периметром. Также применяются топологические и текстурные дескрипторы.

Все результаты обработки представляют цельную картину для описания той или иной спектрограммы. Полученные данные в дальнейшем используются в определении качества звука и характеристик произвольного звучания: от распознавания нот и музыкальных инструментов до исправности работы двигателей.

В контексте данной темы авторами разработан программный инструментарий для анализа спектрограмм звуковых сигналов. Результат работы программы представлен на рисунке 1, где сравниваются спектрограммы звучания двух мелодий: мелодии на фортепиано и мелодии в исполнении симфонического оркестра («Bohemian Rhapsody», Queen).

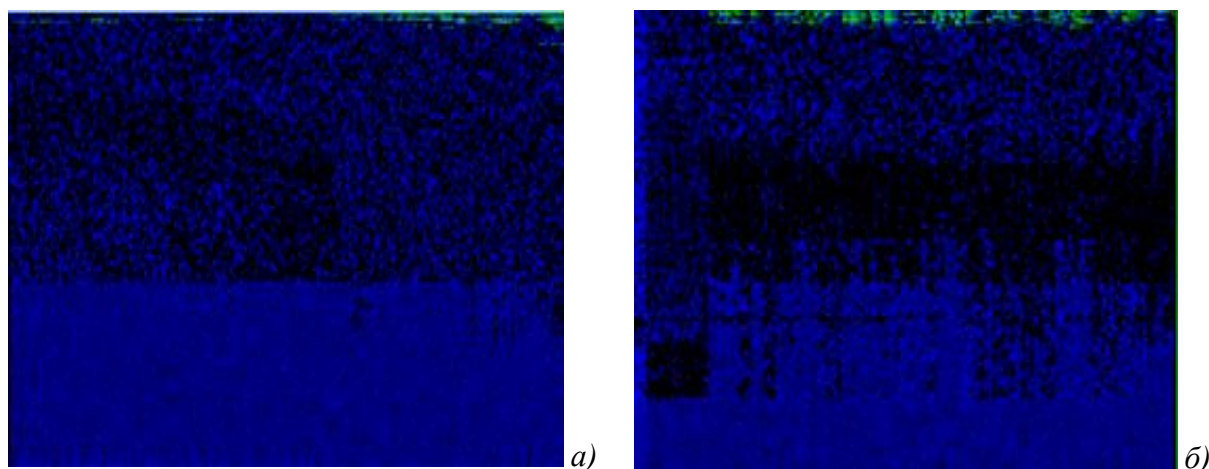


Рис.1. Спектрограмма мелодии в исполнении симфоническим оркестром (а) и игры на фортепиано (б).

Исходя из рисунка 1, следует заметить, что «полка» в обоих случаях одинаковая. Но качество мелодии в исполнении симфонического оркестра почти идеальное, не считая небольшого количества шума. На второй спектрограмме уровень шума заметно выше при меньшей средней частоте интенсивности звука, что свидетельствует о плохом качестве звука.

Таким образом, разработанный авторами программный инструмент позволяет проводить качественный анализ спектрограмм звуковой информации.

Литература

1. Ролич, О.Ч. Многоканальная интегрированная система виброакустической и тепловой диагностики дизельных двигателей / О.Ч. Ролич, В.Е. Тарасенко // Агропанорама. – 2019. – № 5 – С. 42 – 45.

2. Отнес, Р. Прикладной анализ временных рядов / Р. Отнес. – М.: Мир, 1982. – 428 с.

3. Flanagan, J. L. Speech Analysis Synthesis and Perception / James L. Flanagan [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://jontalle.web.engr.illinois.edu/uploads/537/Book/main-all.pdf>.

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

УДК 004.93

ПРОГРАММА КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА ОДНОМЕРНЫХ МАССИВОВ ДАННЫХ

студент гр. 814301 Каменко А.О.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Ролич О.Ч.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

В практических наблюдениях часто бывают ситуации, когда зависимости не имеют функционального характера. Например, такая связь может наблюдаться между пропускной способностью канала передачи данных и соотношением сигнал/шум или же между погрешностью аппаратной обработки экспериментальных данных и величиной скачков сетевого напряжения.

Френсис Гальтон в 1886 году, который являлся естествоиспытателем из Англии, для обозначения характера подобного рода взаимодействий ввёл термин «корреляция». Позже его ученик Карл Пирсон разработал математическую формулу, позволяющую дать количественную оценку корреляционным связям признаков.

Термин произошел от латинского слова «correlatio» – соотношение, взаимосвязь, а корреляция – статистическая взаимосвязь двух или нескольких случайных величин. При это изменения одной или нескольких из этих величин приводят к систематическому изменению другой или других величин.

Корреляционный анализ – совокупность основанных на теории корреляции методов обнаружения корреляционной зависимости между случайными величинами или признаками.

Другими словами, если мы хотим узнать, насколько сходство существует между сигналами 1 и 2, то нам нужно выяснить корреляцию сигнала 1 по отношению к сигналу 2 или наоборот.

Этот метод предлагает следующие основные практические приемы:

- Построение корреляционного поля и составление корреляционной таблицы;
- Вычисление коэффициентов корреляции;
- Проверка статистической гипотезы зависимости корреляционной связи.

Стохастическая составляющая связи между y и x характеризуется коэффициентом корреляции

$$\rho = \frac{M\{[x - M(x)][y - M(y)]\}}{\sqrt{D(x)D(y)}}$$

где $M(z)$ и $D(z)$ – соответственно математическое ожидание и дисперсия случайной величины z .

Коэффициент корреляции показывает, насколько связь между случайными величинами близка к строго линейной. Если y и x распределены нормально, равенство $\rho=0$ указывает на отсутствие линейной связи между ними. Значение $\rho=\pm 1$ соответствует строго линейной связи между y и x (знак указывает на направление связи).

Сигналы можно представить в виде одномерных массивов, и часто для сравнения двух сигналов используется взаимная корреляция.

Взаимная корреляционная функция определяет временную связь двух сигналов во времени. Если сигналы не зависимы друг от друга, их корреляционная функция равна нулю. Чем шире корреляционная функция, тем большая степень связи двух сигналов друг с другом.

Взаимная корреляционная функция определяется соотношением:

$$B_{s_1 s_2}(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} s_1(t) s_2(t+x) dt = \int_{-\infty}^{+\infty} s_1(t) s_2(t-x) dt$$

При подготовке был создан алгоритм, суть которого заключалась в том, что сначала генерируются два массива данных (сигналы), после чего вычисляется их взаимная корреляция и выводится график функции.

Результат работы (вычисление взаимной корреляции двух сигналов):

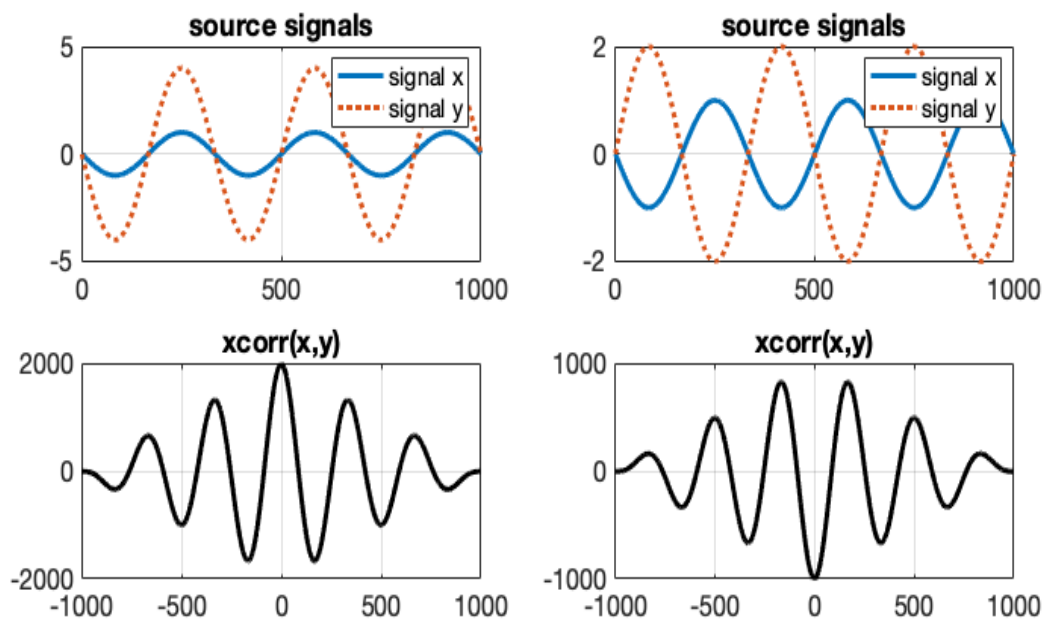


Рис.1. Результат работы (вычисление взаимной корреляции двух сигналов).

Основное применение взаимной корреляции:

- Определение сигналов через шум;
- Распознавание образов;
- Прогноз погоды;

- Проектирование системы безопасности др.

Подводя итоги, можно утверждать, что корреляционный анализ является относительно простым методом статистического анализа данных, но при этом актуальным. И в отношении сигналов взаимная корреляция является достаточно важным методом, который может помочь в распознавании образов и в обнаружении сигналов.

УДК 004.353

АЛГОРИТМ ДЕКОДИРОВАНИЯ ПАКЕТОВ ИНТЕРФЕЙСА IRDA

студент гр. 814302 Лизунова В.О.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Роллч О. Ч.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Беспроводные интерфейсы получили широкое распространение в современном мире. Они позволяют освободить устройства от связывающих их интерфейсных кабелей, что особенно привлекательно для малогабаритной периферии, по размеру и весу соизмеримой с кабелями. В беспроводных интерфейсах используются электромагнитные волны инфракрасного IrDA и радиочастотного (Bluetooth, WiFi, LoRa) диапазонов [1].

Применение излучателей и приемников инфракрасного (ИК, IrDA) диапазона позволяет осуществлять беспроводную связь между парой устройств, удаленных на расстояние до нескольких метров. ИК-связь безопасна для здоровья, не создает помех в радиочастотном диапазоне и обеспечивает конфиденциальность передачи. ИК-лучи не проходят через стены, поэтому зона приема ограничивается небольшим, легко контролируемым пространством. ИК-технология привлекательна для связи портативных компьютеров со стационарными компьютерами или рабочими станциями. IrDA-интерфейс имеют некоторые модели принтеров, им оснащают многие современные малогабаритные устройства: карманные компьютеры, мобильные телефоны, цифровые фотокамеры. Также интерфейс IrDA применяется в системах дистанционного беспроводного управления на базе инфракрасного канала связи, например, в электронных системах управления торговлей.

Однако у IrDA-технологии имеются и минусы. Наиболее очевидный состоит в том, что для нормального взаимодействия двух приборов необходима постоянная их поддержка в состоянии прямой видимости, ни в коем случае значительно не смещая и не отодвигая.

Стандарт IrDA, кроме непосредственных пакетов данных, включает стек протоколов трех согласованных обязательных уровней: IrPL (PhysicalLayer), IrLAP (LinkAccessProtocol) и IrLMP (LinkManagementProtocol).

С точки зрения физического уровня наиболее распространены два стандарта обмена данными: RC и NEC [1]. Они отличаются программными протоколами, а именно, принципом кодирования, форматом пакетов, контролем ошибок.

В протоколе RC5 каждая командная посылка состоит из 14 битов информации: двух стартовых битов, всегда равных единице, одного управляющего бита, именуемого «toggle», пяти битов адреса устройства и шести битов кода команды. Пять битов адреса позволяют вести управление с 32 различных устройств. Шесть битов команды предоставляют возможность передачи до 64 команд.

Протокол RC5 использует бифазную модуляцию (иными словами код «Манчестер») с несущей частотой 36 кГц. Все биты передаются за одинаковое время 1778 мкс. Половина данного времени заполнена импульсами несущей частоты, другая половина – чистая. «Нулевой» бит информации передается с заполненной первой

половиной, а «единичный» – с заполненной второй половиной. Опорная частота имеет скважность 3 или 4. Бифазная модуляция представлена на рисунке 1.



Рис.1. Бифазная модуляция протокола RC5.

Стандартом RC5 предусмотрена передача в начале посылки двух стартовых битов, имеющих значение «1». Третий бит меняет свое состояние при каждом следующем нажатии кнопки. Если кнопка удерживается, то посылка повторяется каждые 114 мс, при этом бит «toggle» не меняется. Таким образом идентифицируется однократное нажатие и удержание одной кнопки по отношению к нескольким ее нажатиям подряд.

Протокол RC6 компании Philips является развитием протокола RC5 [2]. Передача информации в протоколе RC6 выполняется модулированными сигналами ИК излучения с базовой частотой 36 кГц и скважностью от двух до четырех. Кодирование информации производится аналогично коду «Манчестер». Биты информации передаются последовательностью паузы и модулированного сигнала, причем при передаче «нуля» формируется сначала пауза, а затем пакет несущей частоты, а при передаче «единицы», наоборот, сначала пакет несущей частоты, а затем пауза, что прямо противоположно формату RC5.

В каждой посылке стандарта NEC передается 8 битов адреса и 8 битов команды, причем адрес и команда повторяются дважды (в прямом и инверсном видах), что позволяет кроме проверки правильности передачи, формировать одинаковой общую длительность любой посылки. При непрерывном нажатии на кнопку только первая посылка передается в полном формате, т. е. так, как это отражено в левой части рисунка 2 (а). Все остальные посылки с периодом 110 мс передаются в виде преамбулы с укороченной паузой и завершающим импульсом, как это представлено в правой части рисунка 2 (а).

Модулированный ИК-сигнал в процессе приема демодулируется приемником ТК69. При этом на выходе демодулятора формируется соответствующая импульсная последовательность (см. рисунок 2).

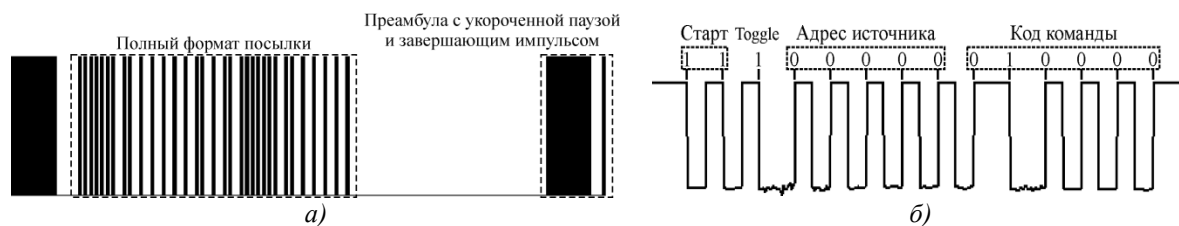


Рис.2. Демодулированная импульсная последовательность IrDA-посылки стандартов NEC (а) и RC5 (б).

Основной целью данной работы является разработка алгоритма и программы с удобным графическим пользовательским интерфейсом для декодирования хранящейся в заданном пользователем файле осциллограммы импульсной последовательности IrDA-пакета в формате «plain text».

Графический пользовательский интерфейс программы декодирования осциллограммы демодулированного пакета данных интерфейса IrDA разработан в программе RAD Studio 10.3. Оконное приложение, представленное на рисунке 3,

реализуется посредством форм. Главными целями разработки пользовательского интерфейса являются простота и наглядность.

Первый этап работы программы состоит из ввода исходных данных. Пользователю необходимо загрузить файл с осциллограммой декодируемого сигнала, для чего следует нажать на кнопку «ChooseFile».

Осциллограмма декодируемого сигнала хранится в текстовом файле в формате двухмерной матрицы вещественных чисел вида:

```

0.02040006    0
0.02048006    0
0.02056006   -4.2578125
0.02064006   -4.078125
0.02072006   -4.171875
0.02080006   -4.1953125
0.02088006   -4.046875,
    
```

где первый столбец означает текущее время, измеряемое в секундах, второй – отвечает за величину мгновенного напряжения. Для приведения исходного, считанного из текстового файла сигнала к идеализированному импульсному виду проводится его пороговая обработка с предварительным вычислением порогового напряжения.

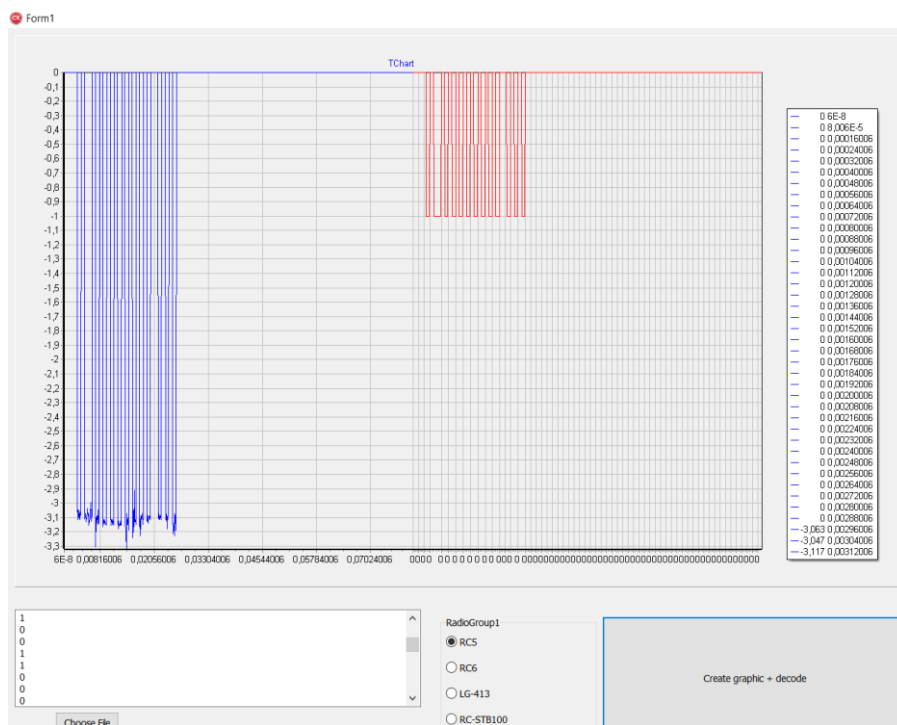


Рис.3. Отображение импульсного пакета тестового набора и его декодирование.

Для открытия файла используется компонент OpenFileDialog с методом Execute(). В связи с тем, что объем анализируемой посылки недостаточно большой для использования всего ресурса памяти, значения файла заносятся во временный контейнер для хранения и обработки данных. Кроме этого, однократное чтение из файла сэкономит время, т. к. взаимодействие с диском – это ресурсно-тяжелый процесс.

Следующий этап состоит в выборе типа загруженной осциллограммы. В зависимости от типа протокола применяется определенный алгоритм декодирования.

Для получения результата декодирования следует нажать на кнопку «Create graphic + decode». В итоге строятся две осциллограммы (исходная и идеализированная) и отображаются биты декодированной посылки.

Разработанная программа носит отладочный характер и может применяться в демонстрационных и учебных целях. Несмотря на «статическую» реализацию процесса декодирования, алгоритм применим и в режиме реального времени.

Литература

1. Инфракрасный протокол связи IrDA [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://www.ixbt.com/peripheral/irda.html>.
2. Philips RC-6 протокол передачи данных по ИК каналу [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: https://led-displays.ru/ir/philips_rc6.html.

УДК 004.93

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЕКТОРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

студент гр. 814303 Якшук А.Г.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Роллч О. Ч.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

В настоящее время методы цифровой обработки сигналов широко применяются в радиотехнике, в системах связи, контроля и управления. Широкое распространение методов определяется большими возможностями цифровой техники. С помощью цифровых устройств можно реализовывать очень сложные алгоритмы обработки сигналов, в том числе и спектрального анализа [1].

Цель данной работы состоит в исследовании изменений спектра заданного векторного изображения в зависимости от его параметров. Векторные изображения применяются в случаях, когда основным требованием к изображению является высокая точность формы.

Векторная графика – способ представления объектов и изображений в компьютерной графике, основанный на использовании элементарных геометрических объектов, примитивов. К графическим примитивам относятся такие простые фигуры, как точки, отрезки, прямые, дуги, эллипсы, прямоугольники, овалы и круги и, как общий случай, кривые некоторого порядка. Также используются более сложные фигуры, например, ломаные линии, криволинейные отрезки (например, кривая Безье), текст.

Спектральный анализ заключается в разложении сигнала на его частотные или спектральные составляющие и оценке или измерении их характеристик: амплитуды, фазы, мощности, спектральной плотности мощности [1]. Известно, что практически любой сигнал посредством преобразования Фурье можно представить в виде сумм волн синусов и косинусов. В обработке сигналов и связанных с ними областях преобразование Фурье рассматривается как декомпозиция сигнала на частоты и амплитуды – обратимый переход от временного пространства в частотное пространство. Преобразование Фурье можно сравнить со своего рода математической призмой (по аналогии со стеклянной призмой, которая разлагает свет в зависимости от частоты). Оно позволяет описать функцию, как совокупность составляющих ее частот. Это и является основной идеей, которая лежит в основе методов спектрального анализа.

Использование компьютеров и иных цифровых приборов подразумевает анализ дискретных сигналов вследствие дискретной природы самих компьютеров. Любые операции обработки данных выполняются над дискретными числами, хранящимися в памяти компьютера, поэтому все сигналы во временной области и все частотные спектры представляют собой дискретные последовательности, полученные в результате дискретизации.

Изображение представляет собой двумерный сигнал. Прямое двумерное дискретное преобразование Фурье преобразует дискретную функцию двух переменных $f(x, y)$, заданную в пространственной координатной системе (x, y) , в двумерную дискретную функцию $F(u, v)$, заданную в частотной координатной системе (u, v) :

$$F(u, v) = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) e^{-i2\pi \left(\frac{u \cdot x}{M} + \frac{v \cdot y}{N} \right)},$$

где M и N – размеры матрицы $f(x, y)$ (соответственно высота и ширина), (u, v) – целочисленные значения частот: $u = 0, 1, \dots, (M - 1)$, $v = 0, 1, \dots, (N - 1)$, i – мнимая единица.

Если $R(u, v)$ и $I(u, v)$ обозначают вещественную и мнимую компоненты $F(u, v)$:

$$F(u, v) = R(u, v) + i \cdot I(u, v),$$

то спектр Фурье (амплитудно-частотная характеристика или АЧХ) задается выражением [2]

$$|F(u, v)| = \sqrt{R^2(u, v) + I^2(u, v)},$$

а фазовый спектр (фазо-частотная характеристика или ФЧХ) изображения

$$\varphi(u, v) = \arctg \left(\frac{I(u, v)}{R(u, v)} \right).$$

Для спектрального анализа изображений разработана программа, позволяющая синтезировать векторные изображения и визуализировать их АЧХ и ФЧХ. В визуализации значение яркости пикселя равняется значению коэффициента, полученного в результате преобразования. При этом, проводится 2D-интерпретация пикселя посредством наложения цветовой палитры типа «rainbow». Центральное место изображения спектра занимают гармоники с нулевыми частотами.

На амплитудно-частотном изображении рисунка 1 выявлены лучи, пересекающие центр изображения под углом к вертикали. К появлению лучей привел поворот на определенный угол объекта на графической сцене. Также можно заметить некоторую закономерность между начальным изображением и его амплитудно-частотной характеристикой. Она заключается в том, что на АЧХ неявно видны повторы очертаний фигуры, выделяющейся на начальном изображении.

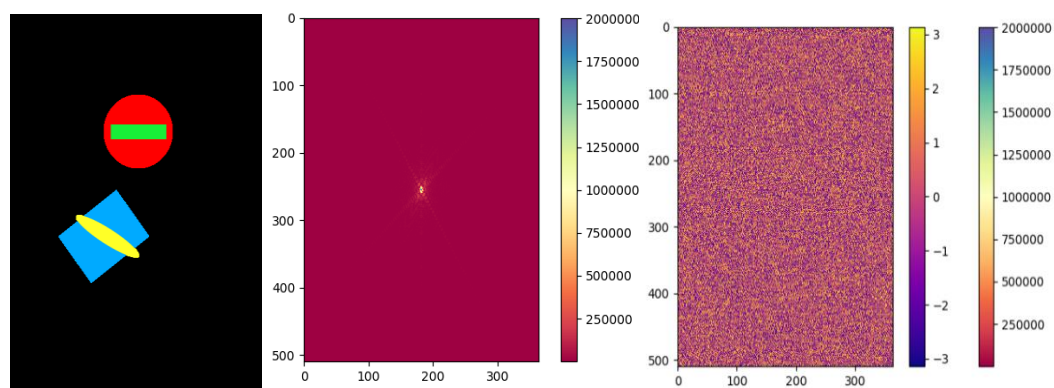


Рис.1. Спектральный анализ изображения с произвольно составленными геометрическими примитивами.

В результате исследования функционирования разработанного программного инструментария дополнительно выявлено, что изменение масштаба фигуры приводит к обратному изменению масштаба пространственных частот и пропорциональному изменению значений спектра. Изменения координат исходного объекта на плоскости приводят к фазовым изменениям на частотной плоскости, и вместе с этим, основной спектр не меняется. При повороте примитива на исходном изображении сигнал в области частот поворачивается точно так же. Программа оперирует векторными изображениями, а значит, они имеют идеализированную структуру, без наличия шума, что и отражается на АЧХ резким ростом амплитуд.

Литература

1. Черногорова, Ю. В. Преобразование Фурье как основополагающий частотный метод улучшения изображений / Ю. В. Черногорова // Молодой ученый. – 2017. – № 21. – [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/155/43704/>.
2. Доля, П. Г. Математические методы обработки изображений / П.Г. Доля. – Харьков: Харьковский национальный университет, 2013. – 10 с.

УДК 004.032.26

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ АЛГОРИТМА БЫСТРОГО ДИСКРЕТНОГО КОСИНУСНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

магистрант гр. 816241 Соловьёва А.В., студент гр. 814301 Гаврилова В.В.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Ролич О. Ч.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Одной из основных операций современных и наиболее распространённых алгоритмов компрессии является дискретное косинусное преобразование (ДКП), преобразующее, как правило, целочисленную выборку f_k длиной N в массив y_n также длиной N [1]. В большинстве случаев $N = 8$, а ДКП взаимодействует в паре с операцией квантования, суть которой заключается в делении элементов y_n результирующего массива y_n ДКП на априори заданные положительные целые числа Q_n . Квантованный результат ДКП подвергается последующему кодированию методом Хаффмана.

Стандартно ДКП записывается в виде

$$y_n = \sum_{k=0}^{N-1} f_k \cos\left(\frac{\pi}{16}(2k+1)n\right)$$

или с учётом $N = 8$:

$$y_n = \sum_{k=0}^7 f_k \cos\left(\frac{\pi}{16}(2k+1)n\right). \quad (1)$$

Для оптимизации выражения (1) с целью его приведения к схеме алгоритма быстрого ДКП слагаемые под знаком суммы умножаются и делятся на $2 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{16}n\right)$:

$$y_n = \sum_{k=0}^7 f_k \cos\left(\frac{\pi}{16}(2k+1)n\right) \frac{2 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{16}n\right)}{2 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{16}n\right)} = \frac{1}{2 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{16}n\right)} \cdot \sum_{k=0}^7 f_k \cdot 2 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{16}(2k+1)n\right) \cdot \cos\left(\frac{\pi}{16}n\right) \quad (2)$$

Так как ДКП, как было отмечено выше, взаимодействует в паре с операцией квантования, а множитель $\frac{1}{2 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{16}n\right)}$ не зависит от k , его можно учесть в процессе

квантования, и выражение (2) переписать в виде:

$$s_n = \sum_{k=0}^7 f_k \cdot 2 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{16}(2k+1)n\right) \cos\left(\frac{\pi}{16}n\right). \quad (3)$$

С учётом известной формулы $\cos(\alpha) + \cos(\beta) = 2 \cos\left(\frac{\alpha + \beta}{2}\right) \cos\left(\frac{\alpha - \beta}{2}\right)$ выражение (3) разбивается на две суммы [2]:

$$s_n = \sum_{k=0}^7 f_k \left(\cos\left(\frac{\pi}{8}kn\right) + \cos\left(\frac{\pi}{8}(k+1)n\right) \right) = \sum_{k=0}^7 f_k \cos\left(\frac{\pi}{8}kn\right) + \sum_{k=0}^7 f_k \cos\left(\frac{\pi}{8}(k+1)n\right), \quad (4)$$

в которых фигурируют соседние k -й и $(k+1)$ -й элементы исходной выборки f_k длиной $N = 8$.

Последовательно подставляя в выражение (4) значения $n = 0, 1, 2, \dots, (N-1)$ и учитывая свойства периодичности и симметричности гармонической функции косинуса, получаются следующие выражения для s_0, s_1, \dots, s_{N-1} :

$$\begin{aligned} s_0 &= 2 \cdot \sum_{k=0}^7 f_k, \\ s_1 &= (f_0 - f_7) + ((f_0 - f_7) + (f_1 - f_6)) \cos\left(\frac{\pi}{8}\right) + \\ &+ ((f_1 - f_6) + (f_2 - f_5)) \cos\left(\frac{\pi}{4}\right) + ((f_2 - f_5) + (f_3 - f_4)) \cos\left(\frac{3\pi}{8}\right), \\ s_2 &= ((f_0 + f_7) - (f_3 + f_4)) + (((f_1 + f_6) - (f_2 + f_5)) + ((f_0 + f_7) - (f_3 + f_4))) \cos\left(\frac{\pi}{4}\right), \\ s_3 &= (f_0 - f_7) + ((f_0 - f_7) + (f_1 - f_6)) \cos\left(\frac{3\pi}{8}\right) - \\ &- ((f_2 - f_5) + (f_1 - f_6)) \cos\left(\frac{\pi}{4}\right) - ((f_3 - f_4) + (f_2 - f_5)) \cos\left(\frac{\pi}{8}\right), \\ s_4 &= (f_0 + f_7) + (f_3 + f_4) - ((f_1 + f_6) + (f_2 + f_5)), \\ s_5 &= (f_0 - f_7) - ((f_1 - f_6) + (f_0 - f_7)) \cos\left(\frac{3\pi}{8}\right) - \\ &- ((f_1 - f_6) + (f_2 - f_5)) \cos\left(\frac{\pi}{4}\right) + ((f_2 - f_5) + (f_3 - f_4)) \cos\left(\frac{\pi}{8}\right), \\ s_6 &= ((f_0 + f_7) - (f_3 + f_4)) - (((f_1 + f_6) - (f_2 + f_5)) + ((f_0 + f_7) - (f_3 + f_4))) \cos\left(\frac{\pi}{4}\right), \\ s_7 &= (f_0 - f_7) - ((f_0 - f_7) + (f_1 - f_6)) \cos\left(\frac{\pi}{8}\right) + \\ &+ ((f_1 - f_6) + (f_2 - f_5)) \cos\left(\frac{\pi}{4}\right) - ((f_2 - f_5) + (f_3 - f_4)) \cos\left(\frac{3\pi}{8}\right). \end{aligned}$$

Следует отметить, что априори известный множитель для s_0 , равный двум, можно отнести к последующему этапу компрессии, т. е. в массив $Q[]$ квантования. Также отмечаются незначительные отличия в знаках полученных пар выражений для s_1 и s_7, s_3

и s_5 . Поэтому, их можно упростить, проведя предварительную перегруппировку следующим образом:

$$\begin{aligned}
s_1 &= (f_0 - f_7) + ((f_1 - f_6) + (f_2 - f_5)) \cos\left(\frac{\pi}{4}\right) + \\
&+ \left(((f_0 - f_7) + (f_1 - f_6)) \cos\left(\frac{\pi}{8}\right) + ((f_2 - f_5) + (f_3 - f_4)) \cos\left(\frac{3\pi}{8}\right) \right), \\
s_7 &= (f_0 - f_7) + ((f_1 - f_6) + (f_2 - f_5)) \cos\left(\frac{\pi}{4}\right) - \\
&- \left(((f_0 - f_7) + (f_1 - f_6)) \cos\left(\frac{\pi}{8}\right) + ((f_2 - f_5) + (f_3 - f_4)) \cos\left(\frac{3\pi}{8}\right) \right), \\
s_3 &= \left((f_0 - f_7) - ((f_1 - f_6) + (f_2 - f_5)) \cos\left(\frac{\pi}{4}\right) \right) - \\
&- \left(((f_2 - f_5) + (f_3 - f_4)) \cos\left(\frac{\pi}{8}\right) - ((f_0 - f_7) + (f_1 - f_6)) \cos\left(\frac{3\pi}{8}\right) \right), \\
s_5 &= \left((f_0 - f_7) - ((f_1 - f_6) + (f_2 - f_5)) \cos\left(\frac{\pi}{4}\right) \right) + \\
&+ \left(((f_2 - f_5) + (f_3 - f_4)) \cos\left(\frac{\pi}{8}\right) - ((f_0 - f_7) + (f_1 - f_6)) \cos\left(\frac{3\pi}{8}\right) \right)
\end{aligned}$$

и соответственно добавив и вычтя слагаемые $\{(f_0 - f_7) + (f_1 - f_6)\}$ для пары s_1 и s_7 и $\{(f_2 - f_5) + (f_3 - f_4)\}$ для пары s_3 и s_5 при множителях $\cos\left(\frac{3\pi}{8}\right)$:

$$\begin{aligned}
&((f_0 - f_7) + (f_1 - f_6)) \cos\left(\frac{\pi}{8}\right) + ((f_2 - f_5) + (f_3 - f_4)) \cos\left(\frac{3\pi}{8}\right) = ((f_0 - f_7) + (f_1 - f_6)) \cos\left(\frac{\pi}{8}\right) + \\
&+ (((f_2 - f_5) + (f_3 - f_4)) + \{(f_0 - f_7) + (f_1 - f_6)\} - \{(f_0 - f_7) + (f_1 - f_6)\}) \cos\left(\frac{3\pi}{8}\right) = \\
&= ((f_0 - f_7) + (f_1 - f_6)) \cos\left(\frac{\pi}{8}\right) + ((f_2 - f_5) + (f_3 - f_4)) \cos\left(\frac{3\pi}{8}\right) + \\
&+ ((f_0 - f_7) + (f_1 - f_6)) \cos\left(\frac{3\pi}{8}\right) - ((f_0 - f_7) + (f_1 - f_6)) \cos\left(\frac{3\pi}{8}\right) = \\
&= ((f_0 - f_7) + (f_1 - f_6)) \left(\cos\left(\frac{\pi}{8}\right) + \cos\left(\frac{3\pi}{8}\right) \right) + (((f_2 - f_5) + (f_3 - f_4)) - ((f_0 - f_7) + (f_1 - f_6))) \cos\left(\frac{3\pi}{8}\right), \\
&((f_2 - f_5) + (f_3 - f_4)) \cos\left(\frac{\pi}{8}\right) - ((f_0 - f_7) + (f_1 - f_6)) \cos\left(\frac{3\pi}{8}\right) = ((f_2 - f_5) + (f_3 - f_4)) \cos\left(\frac{\pi}{8}\right) - \\
&- (((f_0 - f_7) + (f_1 - f_6)) + \{(f_2 - f_5) + (f_3 - f_4)\} - \{(f_2 - f_5) + (f_3 - f_4)\}) \cos\left(\frac{3\pi}{8}\right) = \\
&= ((f_2 - f_5) + (f_3 - f_4)) \cos\left(\frac{\pi}{8}\right) - ((f_0 - f_7) + (f_1 - f_6)) \cos\left(\frac{3\pi}{8}\right) - \\
&- ((f_2 - f_5) + (f_3 - f_4)) \cos\left(\frac{3\pi}{8}\right) + ((f_2 - f_5) + (f_3 - f_4)) \cos\left(\frac{3\pi}{8}\right) = \\
&= ((f_2 - f_5) + (f_3 - f_4)) \left(\cos\left(\frac{\pi}{8}\right) - \cos\left(\frac{3\pi}{8}\right) \right) + (((f_2 - f_5) + (f_3 - f_4)) - ((f_0 - f_7) + (f_1 - f_6))) \cos\left(\frac{3\pi}{8}\right).
\end{aligned}$$

В результате вышеизложенного, алгоритм быстрого дискретного косинусного преобразования представляется последовательностью двухточечных взаимодействий в виде графа на рисунке 1, где вверх направленная отдельная стрелка означает сложение двух взаимодействующих чисел, а вниз – вычитание значения нижнего числа от верхнего.

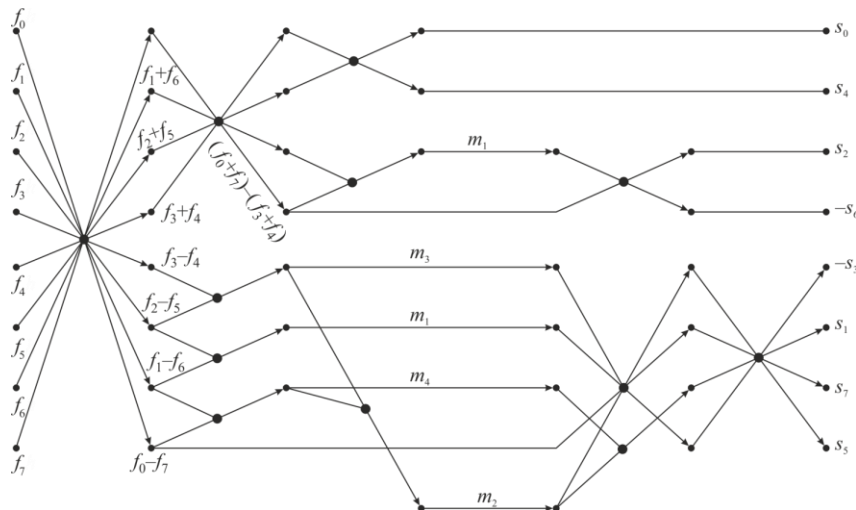


Рис.1. Граф быстрого дискретного косинусного преобразования.

В приведённом математическом обосновании быстрого ДКП для выборки длиной восемь элементов используется пять умножений на четыре множителя $m_1 = \cos\left(\frac{\pi}{4}\right) \approx 0.7071$, $m_2 = \cos\left(\frac{3\pi}{8}\right) \approx 0.3827$, $m_3 = \cos\left(\frac{\pi}{8}\right) - \cos\left(\frac{3\pi}{8}\right) \approx 0.5412$ и $m_4 = \cos\left(\frac{\pi}{8}\right) + \cos\left(\frac{3\pi}{8}\right) \approx 1.3066$. В 16-разрядной целочисленной арифметике для быстрого умножения на них по формуле $(x \cdot d \gg 16)$, где x – произвольное целое число, d – соответствующий для m множитель, \gg – операция поразрядного сдвига вправо, множителям m_1, m_2, m_3, m_4 соответствуют числа $d_1 = 46341, d_2 = 25080, d_3 = 35468, d_4 = 85627$.

Литература

1. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
2. Гельфанд, И. М. Тригонометрия / И. М. Гельфанд, С. М. Львовский, А. Л. Тоом. – М.: МЦНМО, 2002. – 199 с.

УДК 621.382

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ШАГАЮЩЕГО РОБОТА В АВТОНОМНОМ РЕЖИМЕ

студент гр. 10306115 Романова Н.Р.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Гулай А.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Аннотация

Антропогенная система, сервоприводы, система управление, ультразвуковой датчик, плата Arduino.

Объектом разработки является антропогенная система на основе шагающих движителей с интеллектуальным управлением траектории движения.

Цель проекта: создание антропогенной системы.

В результате работы была разработана система антропогенный шагающий робот. Особенностью данной системы является автономное движение по траектории с анализом препятствий.

Проделанная работа предназначена для учебного процесса, как для школьников, так и для студентов.

Введение

Целью данной работы является разработка антропогенного шагающего робота: разработка система управления в аппаратно-программной среде Arduino. Актуальность данной разработки состоит в том, что, с конца 19 века и по сей день, благодаря научно-техническому прогрессу, в нашу жизнь внедряются новые компьютерные и информационные технологии, способные думать и принимать решения самостоятельно, которые требуют вмешательства человека только при поломке, а иногда не требуют вовсе. Интерес к данным технологиям возрастает каждый день, как со стороны взрослых, так и со стороны детей, что является огромным преимуществом во внедрении новых идей. Детский взгляд на существующие системы помогает разработчикам реализовать немыслимые машины и системы.

Отличие этой системы от простого автоматического механизма в том, что при выполнении определенного действия механизм следует заранее заложенному в нем алгоритму, а антропогенная система способна воспринимать внешние сигналы и в соответствии с ними адаптировать свои действия. Таким образом, его взаимодействие с внешней средой становится более гибким, точным и универсальным.

Данная системы была разработана для демонстрации и обучения, как студентов, так и детей.

Выбор компонентов и реализация системы

Антропогенный шагающий робот является прототипом роботизированных игрушек (рисунок 1).

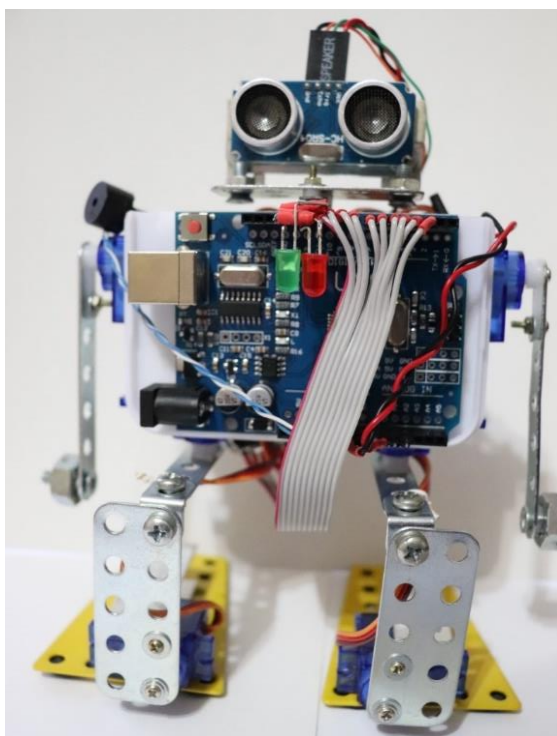


Рис.1. Антропогенный шагающий робот «FaithBot -1».

В данной системе используются следующие компоненты:

1. Плата – Arduino uno R3;
2. Сонар – Ультразвуковой датчик HC-SR04;
3. Сервоприводы – SG90, 7 штук
4. Светодиоды – 1 штатный на плате, 1 зеленый, 1 красный
5. Пьезодинамик;

6. Кнопка
7. Батарейка – ROBITON Alkaline Standart 6LR61 Крона ;
8. Металлический корпус.

Конструкция шагающего робота

Самым главным преимуществом и главной задачей являлось научить робота ходить, чтобы это было не простым механизмом, когда игрушка стоит на левой ноге, проекция ее центра тяжести находится в затушеванной зоне (рисунок 2). При смене ног проекция центра тяжести по-прежнему остается в этой зоне. Вот почему игрушка не падает.

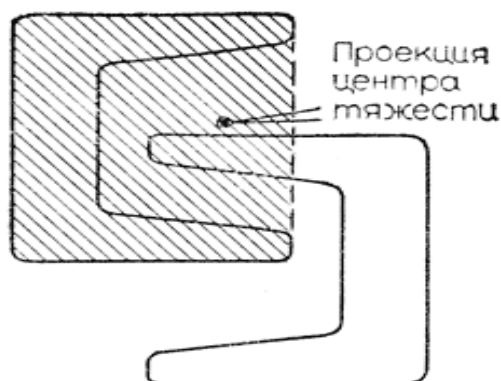


Рис.2. Принцип устойчивости.

А являлось прообразом хождения человека: при подъеме одной ноги робот не заваливался на другую сторону.

Изучение принципа прямохождения заключается в выявлении основных механизмов человеческого организма, с помощью которых реализуется возможность устойчивой ходьбы на двух ногах.

В США данные исследования проводились с помощью прибора, который в реальном масштабе времени имел возможность получать непосредственно траекторию движения источников света, прикрепленных к корпусу и суставам конечностей наблюдаемого объекта.

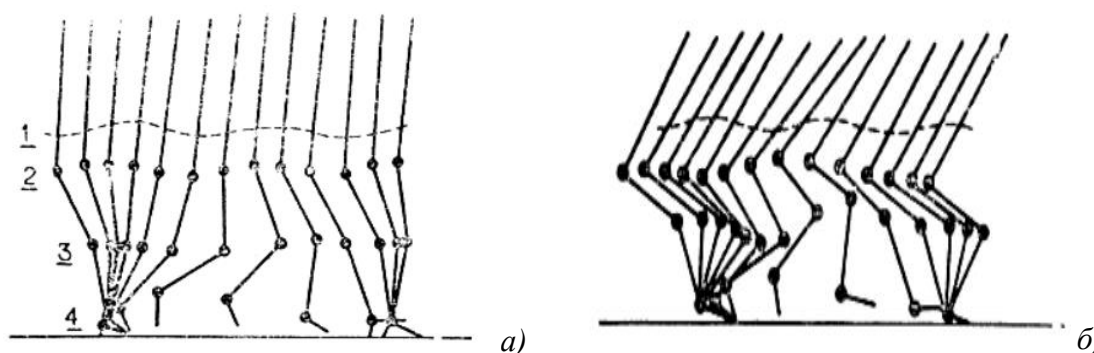


Рис. 3. Кинограммы работы ног человека (а) и работы конечностей шимпанзе при ходьбе (б). 1 - центр тяжести; 2 - бедренный сустав; 3 - коленный сустав; 4 - сустав стопы.

Шимпанзе перемещается только на задних лапах

В момент, когда одна из ног опускается на землю, другая нога отрывается от опорной поверхности и движется вперед по воздуху, оставив при этом вес всего тела на попечение первой, только что опустившейся ноги. Пока вторая нога удерживает тело и обеспечивает его балансировку, первая, продолжая энергично двигаться по воздуху,

Подключение элементов к контактам показано на рисунке 5.

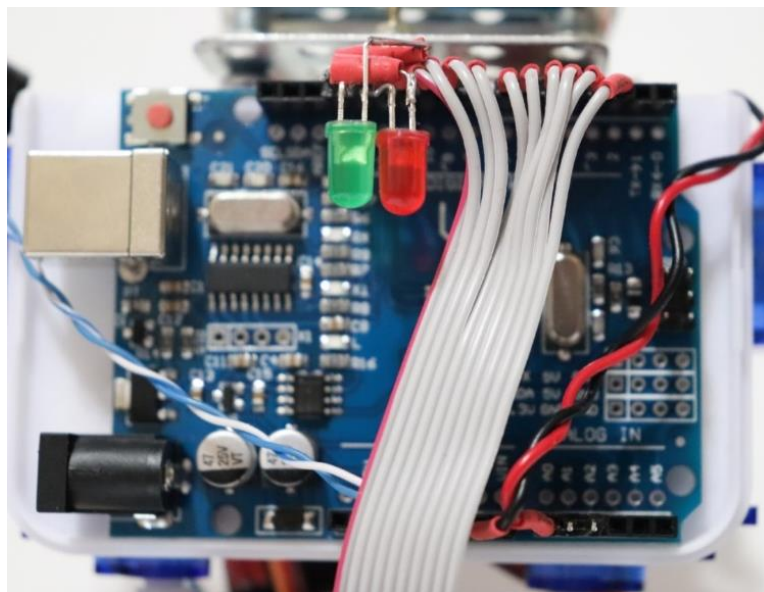


Рис.5. Подключение элементов к контактам.

Для подвода к шине использовался шлейф (рисунок 6).

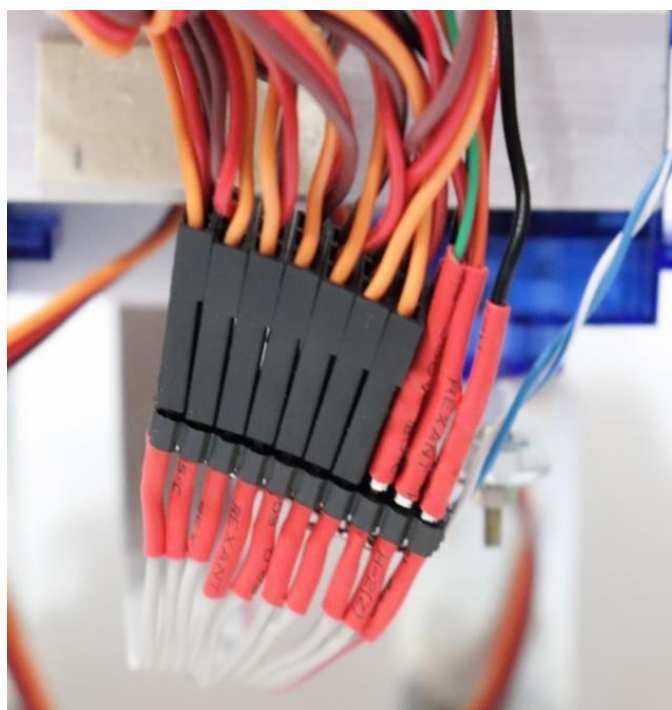


Рис. 6. Шина. Набор разъемов в линейку.

Одна линейка — это плюс (+) – синий провод, вторая линейка (-) – бело-синий провод, третья линейка – шлейф к пинам платы. Данное подключение проведено из-за большого количества устройств, а именно 7 сервоприводов, 1 ультразвукового датчика, 1 пьезодинамик.

Пьезодинамик установлен на 11 контакт и на GND платы.

Светодиоды с резисторами установлены на 12, 13 контакты и GND платы. Резисторы установили во избежание перегорание светодиодов.

На 13 контакте находится штатный светодиод платы.

Кнопка подключена к A0 контакту и GND платы.

ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ОДНОМЕРНЫХ МАССИВОВ ДАННЫХ

студент гр. 814303 Шухта Е.В.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Ролич О.Ч.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Одним из самых простых и наглядных способов применения статистического анализа является построение и анализ гистограмм.

Гистограммы применяются в разных областях науки. Они являются не только предметом многих исследований, но также и любимым методом аппроксимации во всех коммерческих СУБД. Практически все системы начинали с применения гистограмм с одинаковой шириной, а затем постепенно двигались к гистограммам с одинаковой глубиной.

Также гистограммы применяются везде, где требуется проведение анализа точности и стабильности процесса, наблюдение за качеством продукции, отслеживание существенных показателей производства.

Гистограмма – это график который группирует числовые данные в бакеты (bins/buckets), которые отражаются как сегментированные колонки.

Бакеты – взаимно непересекающиеся подмножества.

При построении гистограмм таблица размечается на указанное число равных частей, совпадающее с количеством бакетов. Из каждой части берётся по одному значению столбца. Бакетов в гистограмме не может быть более 254-х и менее 1 (то есть 1 бакет всегда создастся, даже если в таблице нет ни одной строки).

Количественные соотношения некоторого показателя представлены в виде прямоугольников (колонок), площади которых пропорциональны. Чаще всего ширину прямоугольников берут одинаковую, при этом их высота определяет соотношения отображаемого параметра.

Пример использования гистограммы при анализе одномерного массива данных.

Одномерный массив, хранящийся в файле, в котором построчно записаны оценки загруженности дорог в определенные часы следует проанализировать. Данный анализ заключается в том, чтобы определить часы, в которых дорога максимально загружена. Также проанализировав два файла, можно определить, в каком городе ситуация является более комфортной для использования машины. При выведении результатов используется два промежутка времени, в которых дорога максимальна загружена.

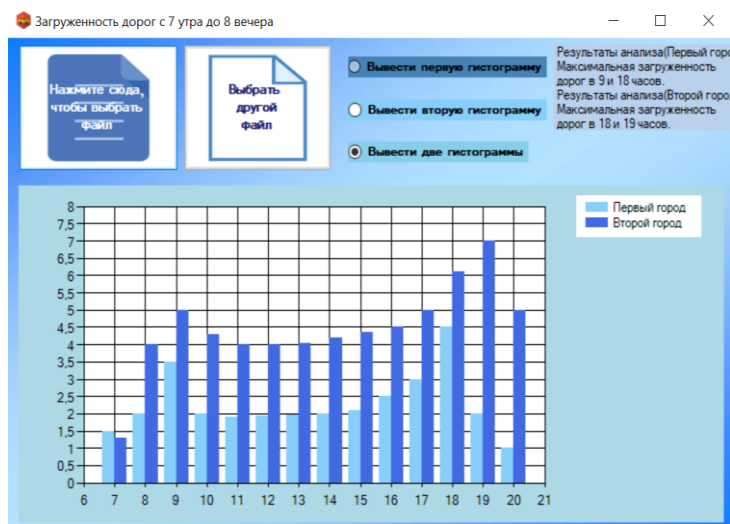


Рис 1. Реализации анализа гистограммы.

В мире баз данных гистограммы оказались очень успешными. Причина этого в том, что, среди нескольких существующих конкурирующих методов, они, по всей вероятности, представляют оптимальный подход, в котором балансируется компромисс между простотой, эффективностью и применимостью для аппроксимации/сжатия данных. Как кажется, основные проблемы в области гистограмм решены, но возможно, что для некоторых из них имеются более совершенные решения. Более того имеется несколько незатронутых исследованиями фундаментальных проблем, для решения которых могут потребоваться существенные изменения в общих представлениях о гистограммах. Поскольку последние десять лет позволили углубить общее понимание гистограмм и расширить их применение в реальном мире, то вероятно, что следующие десять лет будут еще более впечатляющими.

Литература

1. История гистограммы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://citforum.ru/database/articles/histograms/>
2. Метод “Гистограммы”. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://productm.ru/methods-of-searching-for-new-ideas/methods-of-control/the-method-of-histogram/>
3. Histogram. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://developers.google.com/chart/interactive/docs/gallery/histogram>

УДК 621.382

СИСТЕМА ЛОКАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

магистрант Жарский В.В.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Гулай А.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Системы позиционирования широко распространены в современной жизни. Данные системы могут эффективно использоваться практически во всех сферах деятельности человека, будь то определение местоположения человека, навигация автомобилей или сбор статистических данных для организации сложных бизнес процессов.

Все системы позиционирования можно поделить на глобальные и локальные системы позиционирования.

Глобального позиционирование применяется в основном на открытой местности, так как в условиях помещений велика вероятность ошибки навигации из-за препятствий, для прохождения сигнала от спутника (стены, металлические конструкции и т.д.).

Локальное позиционирование работает на определенной местности и требует настроенной инфраструктуры для ее использования. В системах локального позиционирования роль объектов, местоположение которых заранее известно, выполняют стационарные устройства. Правильная расстановка данных устройств позволяет добиться максимального качества локации и сплошного покрытия контролируемой зоны, не зависимо от рельефа местности или погодных условий.

Я считаю, что системы глобального и локального позиционирования являются дополняющими друг друга технологиями и наиболее эффективны при совместном использовании.

Основные виды технологий систем локального позиционирования:

- радиочастотные технологии позиционирования;
- технологии инерциального позиционирования;

- технологии инфракрасного и ультразвукового позиционирования.

Ниже будет предложена одна из двух теоретических схем системы локального позиционирования, которую предположительно можно использовать в условиях кампуса БНТУ.

Данная система основана на, получившей широкое распространение в геодезии, технологии RTK GPS или Real Time Kinetic GPS (кинематика в режиме реального времени).

Суть технологии состоит в том, RTK-Модуль или как ее еще можно называть базовая станция, устанавливается в заранее известное место (знаем координаты по широте/долготе) и, принимая сигналы со спутника, передает поправку на наше мобильное устройство, которое также принимает сигнал со спутников (рисунок 1).

Вносимая поправка от базовой станции позволяет достигать ошибки навигации в 1-2 см на открытой местности.

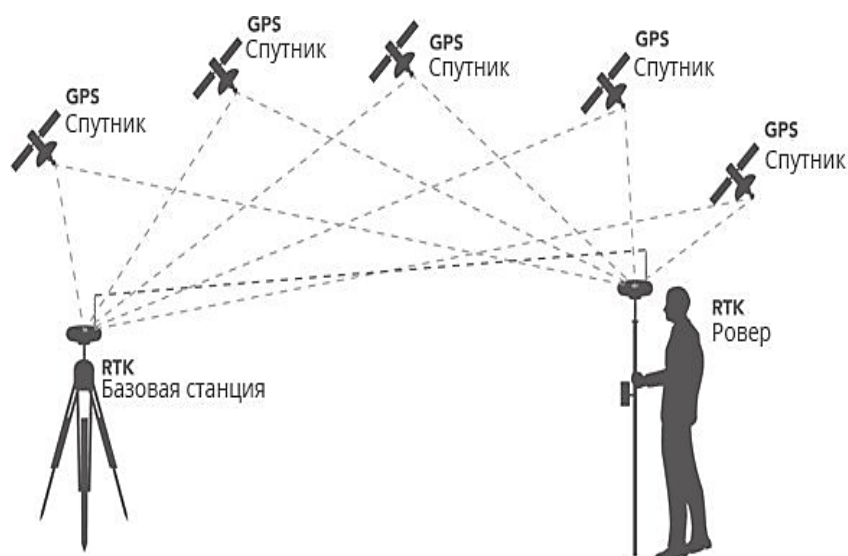


Рис.1. Схема работы RTK GPS.

Для навигации внутри помещений, предлагается внести в данную схему веб-сервер, на котором будут производиться все расчеты и который станет промежуточным звеном между RTK-Модулем и мобильным устройством.

Данные со спутника будут поступать одновременно на 2 устройства: RTK-Модуль и мобильное устройство. Затем полученные данные, такие как широта, долгота, уникальный идентификатор спутника и время отправления сигнала, и с первого, и со второго устройства будут отправляться на веб-сервер, на котором будут соотноситься (рисунок 2).

На сервере будут проверяться данные о спутниках, чтобы понять, находятся ли устройства в зоне видимости одних и тех же спутников. Если все в порядке, то на основании данных базовой станции (координаты которой известны заранее), с сервера будут отправляться данные о координатах на мобильное устройство с внесенными поправками. В данном процессе очень важно указывать точное время приема, передачи, отправления спутникового сигнала и т.д.

В данной схеме веб-сервер служит посредником между RTK-Модулем и мобильным устройством. Конечно же можно обойтись и без него, и отправлять данные с базовой станции напрямую на мобильное устройство, но тут могут возникнуть проблемы при использовании нескольких мобильных устройств. Так же веб-сервер возьмет на себя все расчеты, тем самым слабые мобильные устройства не будут перегружаться расчетами.



Рис.2. Схема взаимодействия устройств.

Разбираясь в данной теме, я могу сделать некоторые выводы и предположения по поводу развития систем локального позиционирования. А именно, я предполагаю, что точно так же, как сейчас мы не можем обойтись без систем глобального позиционирования, так же, через некоторое время, мы не сможем обходиться и без навигации по большим зданиям и территориям, таким, как например, наш БНТУ.

Основной проблемой на данном этапе развития данных технологий, служит дороговизна оборудования и сервисное обслуживание. На данный момент, технологии точного позиционирования широко используются в геодезии, так как на открытом воздухе погрешность от систем глобального позиционирования намного ниже, чем в помещении. Но в дальнейшем, как это видно из мировой практики, цены на некоторые компоненты будут снижаться, и технология систем локального позиционирования станет такой же доступной, как и привычные нам системы глобального позиционирования.

УДК 621.382

АКУСТИЧЕСКАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ РАССТОЯНИЯ НА ПЛАТФОРМЕ ARDUINO И LABVIEW

студент гр. 10307118 Бакач Д.А.

Научный руководитель – ст. преподаватель Полянкова Е.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Акустическая сенсорная система измерения расстояния была создана на основе платы Arduino в ее состав вошли следующие компоненты:

- Плата Arduino Uno. Arduino - платформа с открытым исходным кодом, используемая для создания электронных устройств с возможностью приема сигналов от различных цифровых и аналоговых датчиков, которые могут быть подключены к нему, и управления различными исполнительными устройствами. Большинство моделей платформы программируются через USB – порт, который позволяет подключать плату непосредственно к компьютеру. Устройство на базе Arduino, могут работать самостоятельно, либо совместно с программным обеспечением компьютера.
- Акустический сенсор расстояния HC-SR04. Данный сенсор является прибором бесконтактного типа и обеспечивает качественное измерение и стабильность параметров. Диапазон измеряемых расстояний от 2 до 400см. Имеют защищенность от нежелательного электромагнитного воздействия. Обладает следующими характеристиками: напряжение питания: +5В – постоянный ток; сила тока покоя: < 2 мА; угол измерений: 30 градусов;
- Светодиодный модуль Ky-016 RGB 3 ColorLED. Светодиодный RGB модуль Ky-016 RGB 3 ColorLED более удобен в обращении, т.к. имеет встроенные

резисторы. Он является - 3-х цветным, содержит RGB светодиод с 4-мя входами, что позволяет получать нужный цвет излучения с помощью подачи нужного напряжения на входы. Он легко подключается к плате Arduino Uno.

Подключение компонентов измерительной системы показано на рисунке 1.

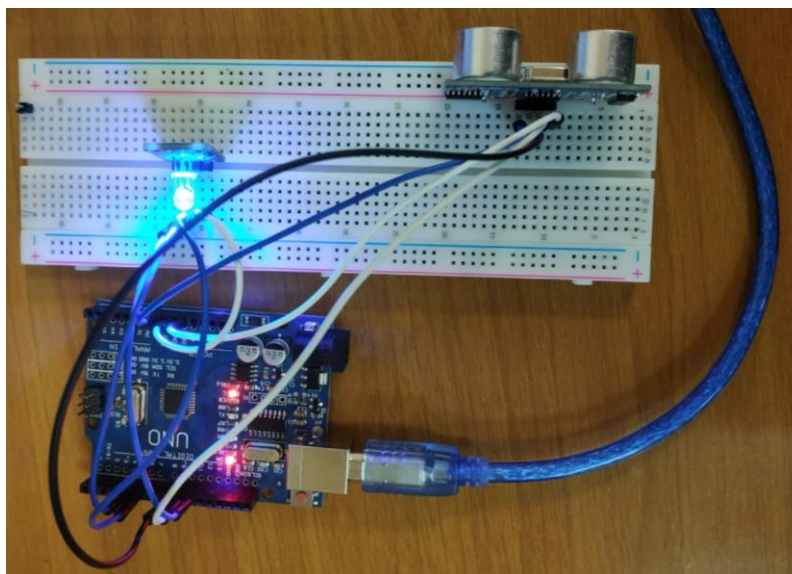


Рис.1. Фотография подключения светодиодного модуля и сенсора к плате Arduino.

Данная измерительная система работает по следующему принципу: если расстояние до измеряемого объекта >20 см светодиодный модуль загорается синим цветом; если расстояние от 10 см до 20 см, то моргает красный цвет, а если расстояние <10 см, то модуль загорается красным цветом.

Программа была написана на языке “G” фирмы National Instruments в LabVIEW.

Была использована библиотека LINX, которая позволяет объединить оборудование, созданное на базе Arduino Uno и программу LabVIEW

Лицевая панель виртуального прибора состоит из трех блоков (рисунок 2).

- Настройка подключения последовательного порта;
- Индикатор цвета светодиода;
- Индикатор расстояния до измеряемого объекта.

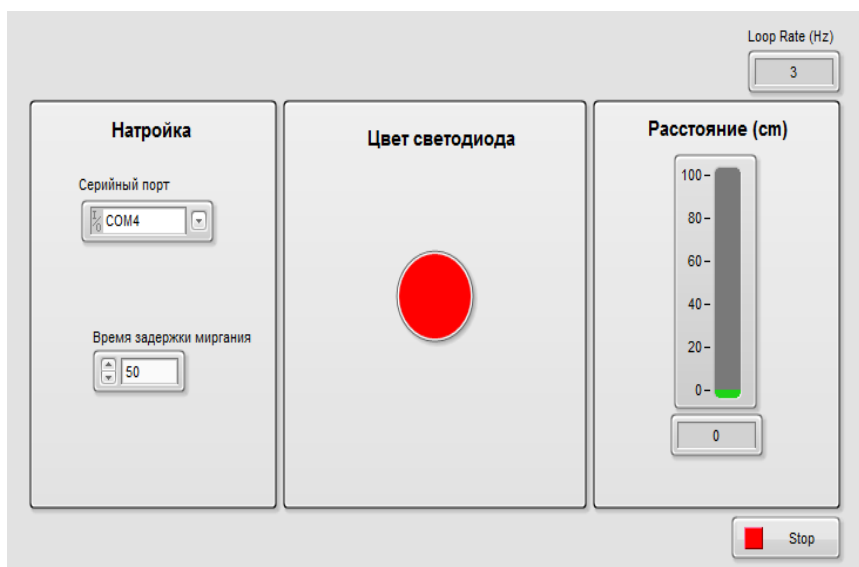


Рис. 2. Лицевая панель виртуального прибора.

Блок-диаграмма измерительной системы показана на рисунке 3.

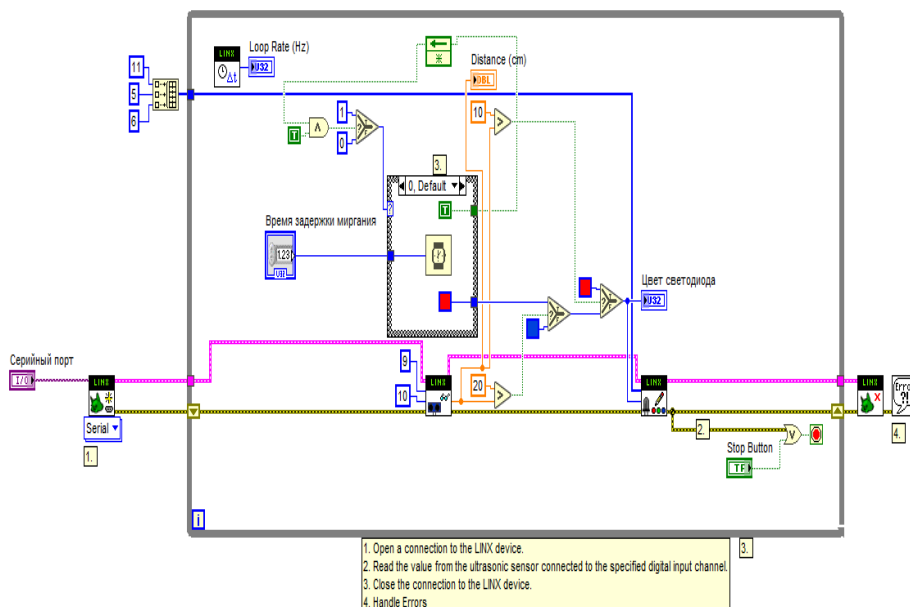


Рис.3. Блок-диаграмма измерительной системы.

УДК 621.382

УПРАВЛЕНИЕ СЕРВОПРИВОДАМИ НА ПЛАТФОРМЕ LABVIEW И ARDUINO

студент гр. 10309117 Рудов В.А.

Научный руководитель – ст. преподаватель Польшкова Е.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Сервопривод – это привод, вал которого может встать в заданное положение или поддерживать заданную скорость вращения. Состоит из блока управления, мотора и датчика. Управление происходит через печатную плату, к которой подключен мотор постоянного тока и потенциометр (датчик). Внутри блока управления также находятся шестерни редуктора.

Для данного опыта использованы сервоприводы двух типов: Micro Servo 99 и Metal Gear 995, которые отличаются друг от друга по цене, материалу и мощности.



Name: **Micro Servo 99**
 Torque: 4.8V: 1.80 kg-cm
 Speed: 4.8V: 0.12 sec/60°
 Weight: 9.0 g



Name: **Metal Gear 995**
 Torque: 4.8V: 9.40 kg-cm
 6.0V: 11.00 kg-cm
 Speed: 4.8V: 0.20 sec/60°
 6.0V: 0.16 sec/60°
 Weight: 55.0 g

Рис 1. Характеристики сервоприводов Micro Servo 99 и MG995.

Для управления сервоприводом с помощью платы Arduino в первую очередь требуется правильно подключить его к плате. От сервопривода в большинстве случаев идут три провода: аналоговый информационный (желтый или белый), питание (красный), заземление (чёрный).

Для контакта с Arduino в среде LabVIEW используется пакет LINX. Обычно добавляемые им элементы имеют следующие входы: ресурсы (информация для определения элемента и т.п.), номер информационного входа на плате, данные, которые подаются на данный вход, ошибки.



Рис 2. Элемент управления сервоприводом.

Для усложнения задачи будут использованы одновременно 3 сервопривода, объединённые в манипулятор. Манипулятор будет играть в игру “камень, ножницы, бумага”.

На лицевую панель поместим три элемента Numeric Control, через которые будем задавать номера входных каналов, к которым подключены сервоприводы; элемент Serial port, в котором задаётся номер USB порта, по которому Arduino подключен к компьютеру; массив с числами, для чтения данных, на которые будут подаваться на три соответствующих канала; кнопки “Start” и “Stop”.

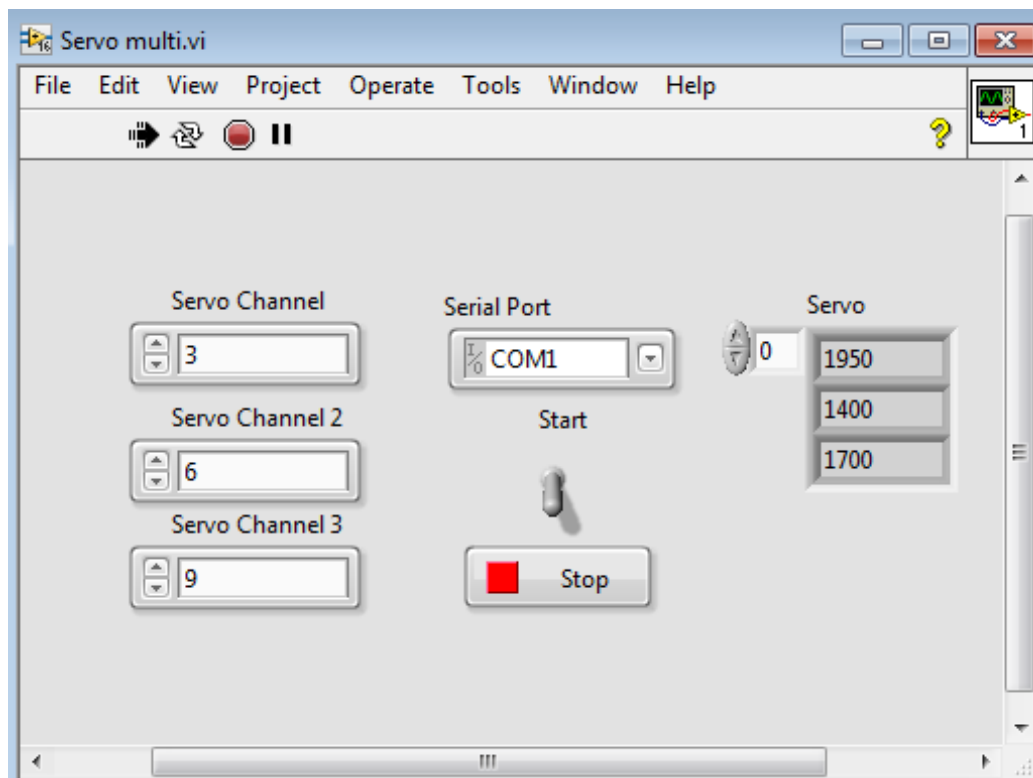


Рис 3. Лицевая панель.

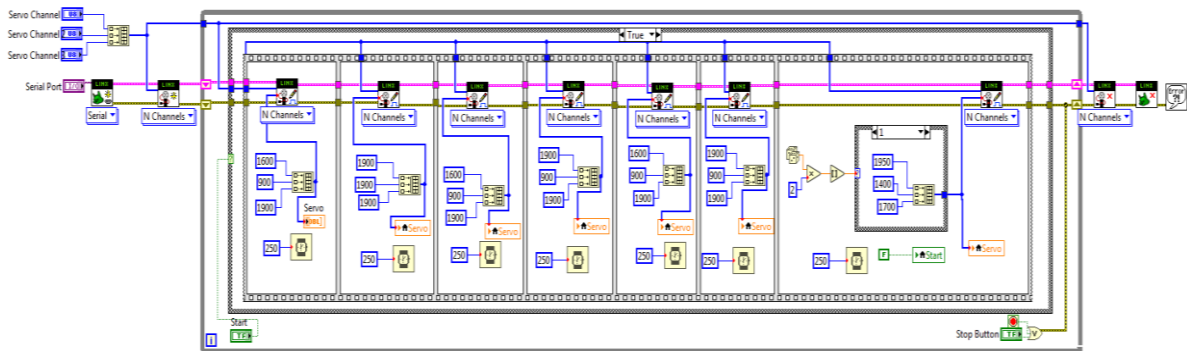


Рис. 4. Блок диаграмма.

Теперь переходим к блок-диаграмме.

Т.к. используются одновременно 3 сервопривода, используемые данные предварительно будут сгруппированы в массив, а также режим работы элемента управления в LabVIEW будет изменён с одноканального на многоканальный.

Для симуляции движений руки будем последовательно подавать координаты для движения манипулятора вверх-вниз несколько раз, перед тем как подать финальные “координаты” в виде камня/ножниц/бумаги (положений вниз/ по середине/ вверх соответственно), которые выбираются случайно с помощью функции Comparison и Numeric Random.

УДК 621.398

КОДОВОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ КАНАЛОВ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ МЕЖДУ КОМПОНЕНТАМИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

студент гр. 10306115 Гомма М.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Зайцев В.М.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

В последнее время все большую популярность приобретает передача данных с помощью радиоволн. Главным преимуществом беспроводных каналов связи, к которым относится и радиоканал, является отсутствие необходимости в прокладке кабелей и проводов, что зачастую вызывает множество неудобств, связанным с монтажом, креплением, а затем и эксплуатацией.

Из-за свободной передачи данных радиоканала в эфир, может возникнуть проблема помех или совместимости с другими источниками, излучающими радиоволны. Кроме этого, зачастую поднимается вопрос о возможности перехвата передаваемой информации. Именно поэтому в радиоканале предусмотрено использование средств помехоустойчивого кодирования и шифрования данных.

Вместе с тем, у радиосигнала есть и такое неоспоримое преимущество, как возможность доведения до любой точки некоторой, пусть даже огромной, территории. Именно этот факт находит радиосигналу широкое применение в глобальных сетях как наземной, так и спутниковой связи и ставит его по этому свойству вне конкуренции.

Вопрос обостряется в связи с активным введением безлюдных технологий на производствах.

Частотный ресурс радиоканала ограничен и поэтому активно используют разные методы разделения каналов.

В настоящее время рассматривается пять методов разделения каналов:

- частотный;
- временной;

- поляризационный;
- пространственный;
- кодовый.

Кодовое разделение передачи базируется на корреляционных свойствах сигналов, это одно из самых перспективных направлений по разделению канала связи, так как этот способ позволяет значительно уменьшить затраты на организацию беспроводной связи путём снижения количества используемых частот. Такой способ разделения каналов активно используют в системах обеспечения сотовой связи, применяется для этого функции Уолша.

Так как главным минусом радиоканальной передачи пакетов информации является высокая вероятность получения ошибки, то для того, чтобы предотвратить получение ошибки в передаваемом пакете будет применяться помехоустойчивое кодирование. В данном исследовании было решено использовать циклические коды являющиеся частным случаем линейных кодов. Основным их достоинством является простота технической реализации, благодаря чему они и обратили на себя внимание специалистов.

Ценным свойством таких кодов является способность обнаруживать не только одиночные ошибки, но и пакеты ошибок.

При построении системы были выработаны следующие функциональные требования:

- Средства системы на передающей стороне канала обеспечивают наложение помехоустойчивого кодирования на основную информацию, а на принимающей стороне декодирование информации. Помехоустойчивое кодирование необходимо для уменьшения вероятности ошибки в передаваемом пакете информации;
- Передача обработанной информации другим потребителям услуг системы связи по радиоканалу с использованием кодового уплотнения канала;
- Приём данных от других потребителей услуг системы связи производится после декодирования информационного пакета;
- Декодирование помехоустойчивого кода входящих сигналов осуществляется на приёмной стороне системы;
- Обработка информации, входящей от других потребителей услуг системы связи;
- Хранение информации производится на жёстком диске или в ОЗУ системы.

С учетом сформулированных функциональных требований выполнено построение структурной схемы. Производится распределение функций между техническими средствами, аппаратными блоками приборной электроники, компонентами программного и информационного обеспечения. Структурная схема системы приведена на рис. 1.

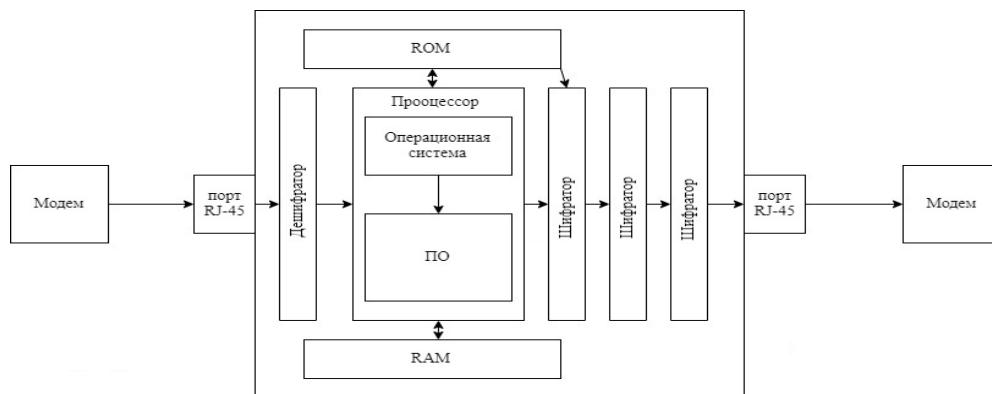


Рис. 1. Структурная схема системы.

Для обеспечения корректной работы системы предусмотрена работа в ней системного загрузчика схема общей последовательности работы загрузчика приведена на рис. 2.



Рис. 2. Схема общей последовательности работы загрузчика.

В ходе выполнения исследования была разработана система кодового разделения каналов передачи информации между компонентами интеллектуальной системы. Были разработаны решения задач такие как, обеспечение бесперебойной возможности обмена информационными пакетами сообщений и использование ограниченного числа радиочастот для соединения нескольких абонентов.

УДК 621.398

ВИБРАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

студент гр. 10306115 Куличик О.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Зайцев В.М.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Вибрационные процессы негативно отражаются на долговечности использования оборудования, на его износе, на количественных и качественных показателях выпускаемой продукции, и как следствие, на экономической эффективности работы предприятия. Работа оборудования, срок службы которого приближается или превышает запланированный ресурс, приводит к повышенной вероятности возникновения отказов и аварийных остановок. С другой стороны, оборудование, имеющее различные неисправности, как правило, характеризуется повышенной виброактивностью, а предприятия обязаны соблюдать нормы износа и государственные стандарты по уровню шума и вибраций машин в производственных помещениях. В связи с этим, перед предприятиями остро стоит вопрос о обеспечении виброконтроля и поддержании технологического оборудования в работоспособном состоянии.

Используемая в настоящее время система планово-предупредительного ремонта имеет ряд недостатков. При обслуживании оборудования по регламенту, текущий и капитальный ремонт производится в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя через определённые промежутки времени. Однако, практика эксплуатации

оборудования показывает, что около 50 % из числа всех технических обслуживаний по регламенту выполняется без их фактической необходимости. Более того, после замены ещё работоспособных, приработанных деталей на новые, зачастую снижается надёжность машин из-за дефектов сборки и монтажа. Ещё одним фактором, затрудняющим регламентирующее обслуживание, является сложность учёта фактического времени функционирования оборудования.

Оптимизация технического обслуживания (ТО) оборудования и ликвидация вышеназванных недостатков возможна путём внедрения методов функциональной вибродиагностики. Это позволит предприятиям проводить ТО только тогда, когда это необходимо в связи с наступлением высокой вероятности отказа, планировать вид и сроки ремонта по результатам диагностики.

В зависимости от условий диагностирования и особенностей самого объекта задачи системы вибродиагностики можно сформулировать следующим образом:

- определение работоспособности объекта, то есть, может ли он выполнять возложенные на него функции;
- поиск возникшего дефекта, то есть определение характера дефекта, его глубину и так далее;
- прогнозирование изменения состояния объекта.

Для наглядного представления работы подобных систем вашему вниманию предлагается интеллектуальная система вибрационного контроля и диагностики, основанная на определении дефекта по прецедентам.

На рис. 1 предоставлена структурная схема системы, благодаря которой мы можем определить технический облик системы.

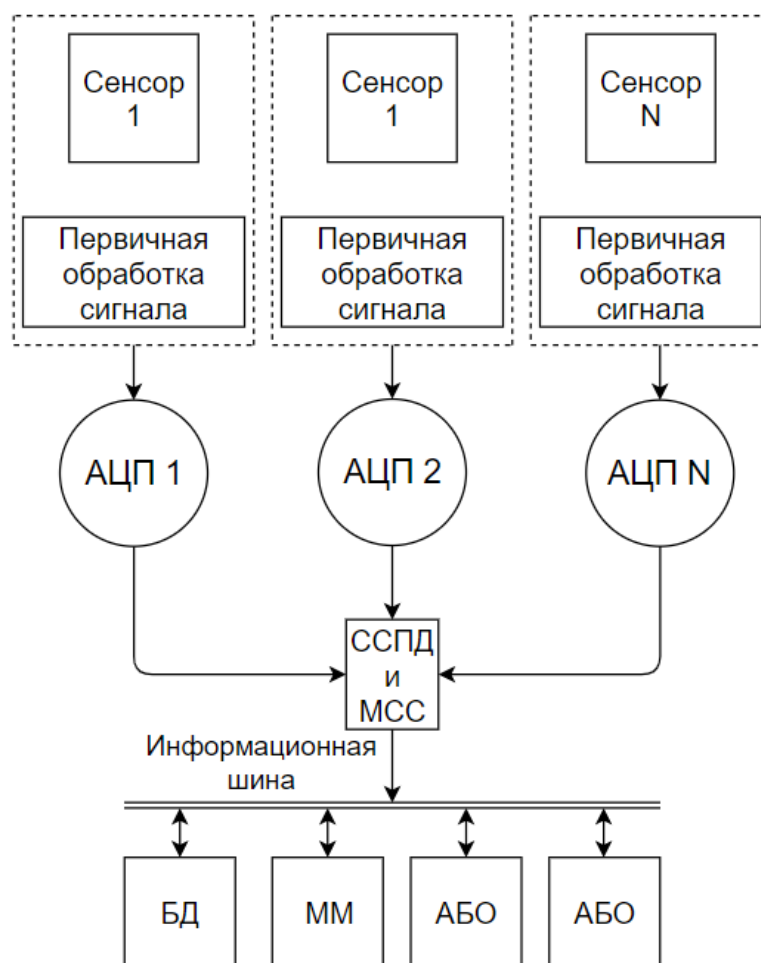


Рис. 1. Структурная схема системы.

Система состоит из:

- Сенсорное оборудование (сенсоры);
- Блок первичной обработки сигнала (БПО);
- Аналого-цифровой преобразователь (АЦП);
- Станционная сеть передачи данных(ССПД) и мосты станционной сети (МСС);
- Информационная шина (ИШ);
- Блок математического моделирования сигнала (ММ);
- Аналитический блок обработки информации(АБО);
- База данных (БД);
- Автоматизированный терминал оператора (АТО).

Исходя из структурной схемы определён алгоритм работы системы. Сигнал с сенсоров поступает на блоки первичной обработки сигнала затем оцифровывается. Далее по станционной сети и через мосты оцифрованный сигнал передаётся на информационную шину, по которой сигнал распределяется между базой данных и блока математического моделирования, для создания математической модели сигнала. В аналитическом блоке, основываясь на базе данных, и математическую модель, формируется диагностический отчет, дополняемый в базе данных. Отчёт и сопутствующая информация предоставляется для считывания и принятия решений через автоматизированный терминал оператора.

На основании алгоритма функционирования выделяются основные этапы работы системы:

1. Построение мат. модели основанной на вейвлет-преобразовании. Суть вейвлет-преобразования заключается в построении скейлограмм вибросигнала.

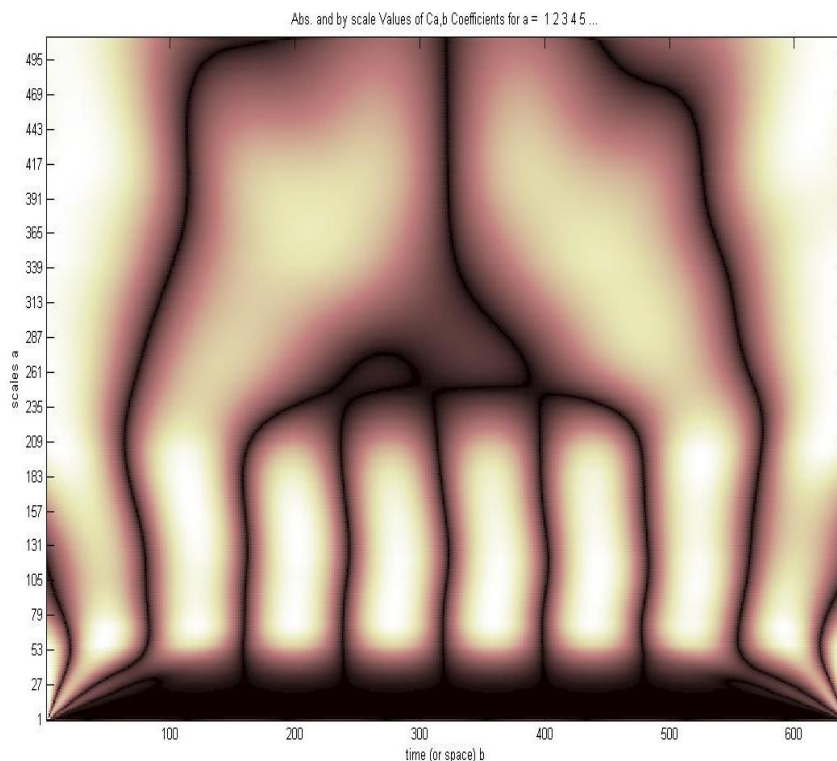


Рис. 2. Скейлограмма дисбаланса ротора.

Характерными особенностями данной скейлограммы является наличие максимумов (светлые области) в окрестностях точек, соответствующих определённому масштабу, при отсутствии локальных максимумов на других масштабах, что и является

основным диагностическим признаком при выявлении дефекта в данном случае дисбаланс ротора.

2. После анализа скейлограмм очевидно, что каждому дефекту соответствует своя топология скейлограммы. Это дает возможность идентификации дефекта на основании скейлограмм. Для этого используется процедура принятия решений на основе прецедентов, при этом необходимо произвести группировку прецедентов по определенному наиболее значащему признаку. В качестве такого классификатора используется показатель «вид дефекта», поскольку при решении задачи диагностики конечной целью является распознавание соответствующего дефекта.

Кроме того, для классов эквивалентности необходимо сформировать набор их атрибутов – тех параметров, которые являются информативными с точки зрения идентификации вида дефекта. Итогом работы алгоритма является то, что атрибуты каждого прецедента включают совокупность координат точек локальных максимумов скейлограммы вейвлет-преобразования, которые разбиты на характерные непересекающиеся области масштабов, а также отсортированы в порядке возрастания параметра временного сдвига в пределах определенной области масштаба. На этом основании был сгенерирован алгоритм процедуры принятия решений, который продемонстрирован на рис. 3.

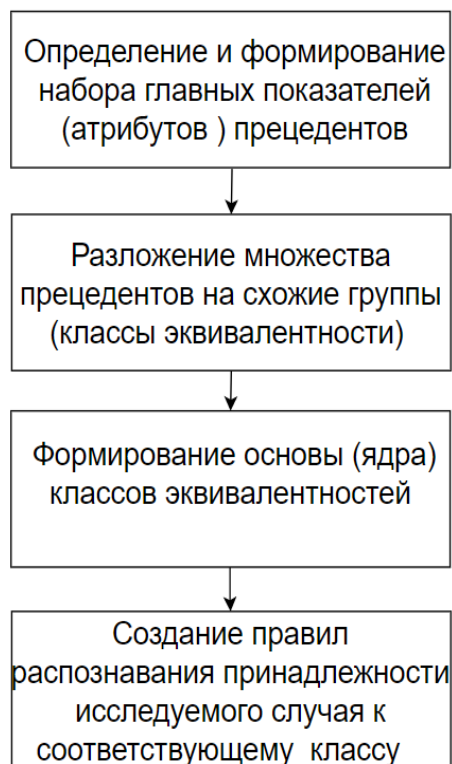


Рис. 3. Алгоритм работы процедуры принятия решений.

3. Заключаящим этапом работы системы является количественная оценка степени развития дефекта. Основа оценки - это среднеквадратичное отклонение виброскорости т.к. СКЗ виброскорости используются в большинстве отраслевых стандартов в качестве критерия изношенности производственно-технического оборудования. Далее необходимо определить аналитическую зависимость между матрицей вейвлет-преобразования сигналов и СКЗ виброскорости с учетом погрешности составляющей не более 4%.

Для наглядного представления работы анализа сигнала в системе определён общий принцип анализа данных который коррелируется с основными этапами работы

системы (определение возможных дефектов и идентификация с помощью интеллектуального алгоритма основанного на прецедентах на рис. 4.

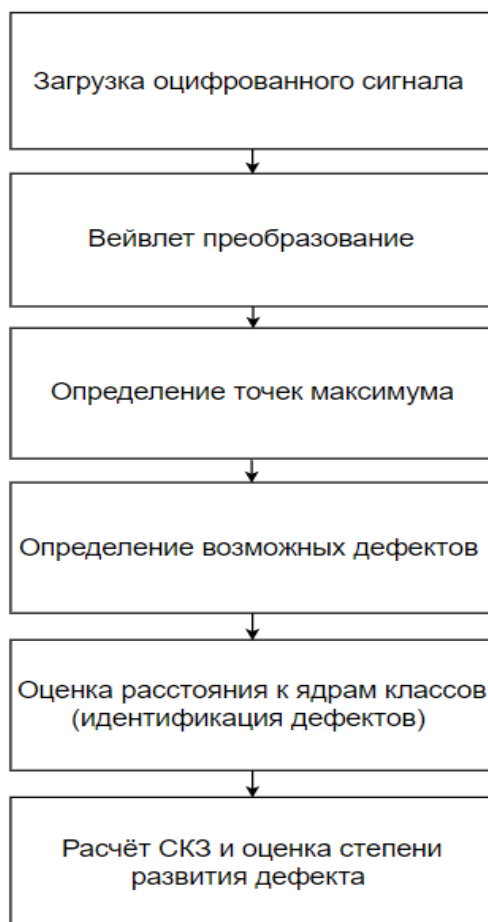


Рис. 4. Общий принцип анализа данных.

Выводы. Исходя из всего выше сказанного можно сделать вывод, что внедрение интеллектуальной системы вибродиагностики производственно-технологического оборудования обеспечивает:

- продление срока службы оборудования, сокращение многочисленных расходов на его ремонт и эксплуатацию;
- исключение необоснованных затрат и уменьшение количества ремонтов оборудования, связанных с заменой подшипников;
- проведение техобслуживания механизмов не по календарному сроку, а по фактическому и прогнозируемому состоянию;
- повышение информированности персонала о реальном состоянии механизмов и качестве смазки, что в итоге увеличит надежность работы агрегатов.

Недостаток диагностирования производственно-технологического оборудования определяется большой номенклатурой оборудования, различающегося своей спецификацией:

- механизмы поршневого типа;
- турбины;
- потокосоздающие и потокопроводящие системы;
- редукторы;
- электрические машины и многое другое.

ИНФОРМАТИВНОСТЬ ЦВЕТОВЫХ КОМПОНЕНТ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ СЖАТИЯ ИНФОРМАЦИИ

студент гр. 4+5КБ Автушко К.В.,

Научный руководитель – к.т.н., доцент Садов В.С.

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

В настоящее время в системах сжатия информации осуществляется операция субдискретизации, которая позволяет уменьшить данные одной или двух цветочных компонент. Как пример – сжатие изображений в формат JPEG. Аналогичный процесс происходит и в стеганографии. Однако в данный момент нет конкретных рекомендаций по степени субдискретизации различных видов графики, поэтому в данной работе рассматриваются изображения, относящиеся к классу «портрет», который отличается по сюжету и, соответственно, однородности, и распределению яркости от иных классов. Проводятся оценки заметности вносимых искажений при операциях субдискретизации.

Нами были проведены исследования партии из 100 цветных изображений относящихся к классу «портрет». Для чистоты результатов были взяты фотографии, а не изображения из сети Интернет, предоставленные белорусским писателем, поэтом, драматургом, а также фотографом Игорем Сидорук.



Рис. 1. Примеры изображений класса «портрет».

Рассмотрены следующие виды субдискретизации, которые далее и были оценены для нашего класса: 1:2 по горизонтали при усреднении в каждой из трех цветочных компонент, 1:2 по горизонтали при усреднении синей и красной компоненты изображения, 1:2 по горизонтали при усреднении в зеленой и красной компоненте, 1:2 по горизонтали при усреднении синей и зеленой компоненты. Аналогичные вариации проводились для 1:2 по вертикали, а также 1:4. В сумме нами рассмотрено 12 видов снижения цветочного разрешения. Исследования проводились в рабочей среде MATLAB. В качестве критерия оценки пригодности исследуемого метода мы использовали пиковое отношение сигнала к шуму (PSNR), а также изображения оценивались визуально. Установлено, что искажения в изображении не заметны визуально, когда PSNR имеет значение около 48 dB [1]. Типичные значения PSNR для сжатия изображений лежат в пределах от 30 до 40 dB [2].

В ходе работы установлено, что из выборки в 100 изображений только 17% имеет значение PSNR в интервале 43-50 dB. Выявлено, что для оптимальных показателей PSNR портреты должны быть однородны, т.е. изображение человека должно быть на однотонном фоне и/или фон у фотографии необходимо размыть, что так же увеличит однородность изображения.

При рассмотрении значений PSNR во всех вышеперечисленных видах субдискретизации, можно отметить что наилучшие средние численные значения имеют те виды, где усреднение происходит в синей и зеленой компоненте изображения с сохранением красного цвета:

1:2 по вертикали – среднее значение: 43,49 dB

1:2 по горизонтали – среднее значение: 42,84 dB

1:4 – среднее значение: 40,40 dB

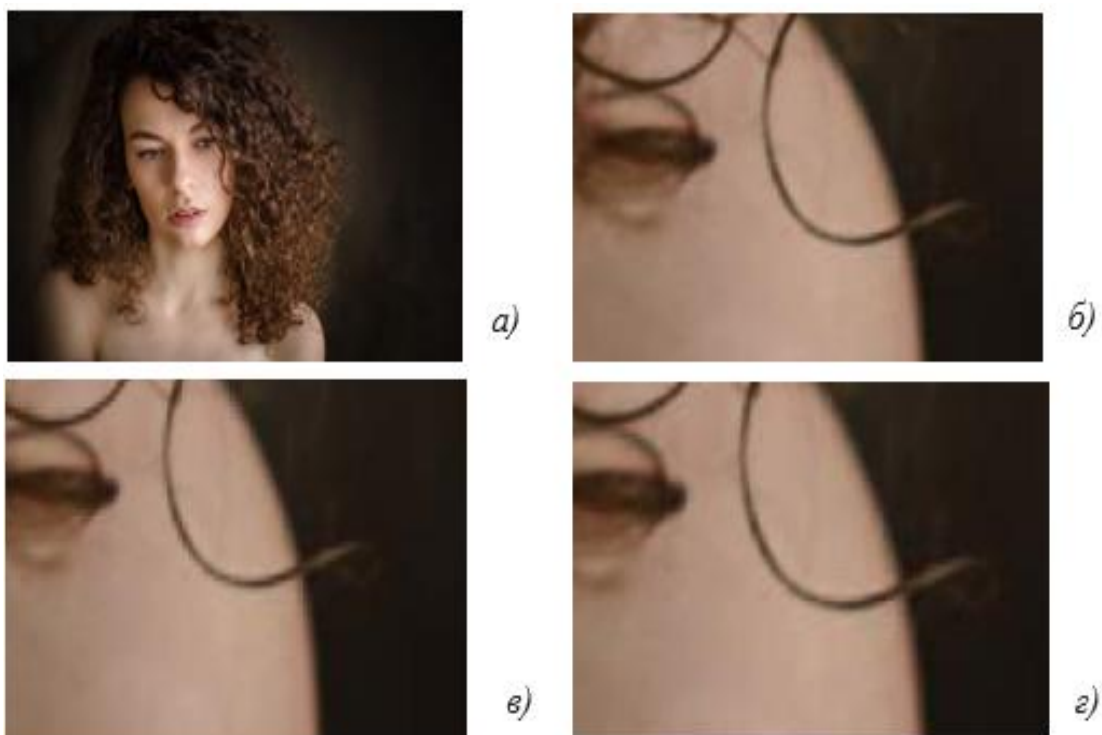


Рис. 2. Исходное изображение (а), фрагмент исходного изображения с увеличением 75% (б), фрагмент изображения после субдискретизации (1:4 с усреднением в каждом канале) с увеличением 75% и PSNR 41 dB (в), фрагмент изображения после субдискретизации (1:2 по вертикали с сохранением красного канала) с увеличением 75% и PSNR 48 dB (г).

Как видно из данных, наилучшие средние показатели достигаются при субдискретизации 1:2 по вертикали с сохранением красного канала. При визуальной оценки качества субдискретизации результаты совпадают с оценкой PSNR.

Литература

1. Чваркова И.Л. Повышение пропускной способности и стойкости стеганографических систем: диссертация кандидата технических наук. Минск, 2008.
2. Цветовая субдискретизация // Википедия. [2019—2019]. Дата обновления: 29.06.2019. URL: <https://ru.wikipedia.org/?oldid=100704897> (дата обращения: 29.06.2019).
3. Цветовая субдискретизация // URL: <http://projectorworld.ru/blog/957.html> (дата обращения: 11.12.2019).
4. MathWorks URL: https://www.mathworks.com/?s_tid=gn_logo (дата обращения: 27.08.19).
5. Пиковое отношение сигнала к шуму // Википедия. [2019—2019]. Дата обновления: 02.10.2019. URL: <https://ru.wikipedia.org/?oldid=102495551> (дата обращения: 02.10.2019).

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СТЕГАНОГРАФИЧЕСКОГО ВСТРАИВАНИЯ СООБЩЕНИЯ В АУДИОКОНТЕЙНЕРЫ МЕТОДОМ АНАЛИЗА ШУМА

Студент гр. 4+5 КБ Дисман Е.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Садов В.С.

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

При стеганографическом встраивании сообщений появляется задача выбора подходящего контейнера. Для этого ранее была разработана классификация аудиоконтейнеров на основе формата FLAC, позволяющая разделить всё множество аудиофайлов на три категории: синтезированные контейнеры (класс 1), синтезированные контейнеры с естественным наложением (класс 2) и естественные контейнеры (класс 3).

В начале данной работы была поставлена задача выявить влияние встраивания сообщения на шумовые характеристики для каждого класса. Сначала была собрана библиотека аудиофайлов, предварительно отсортированная по трём классам, далее проведено встраивание одного и того же секретного сообщения (запись речи Ленина в формате MP3) в каждый контейнер с помощью программы Deep Sound 2, которая в свою очередь использует алгоритм LSB (наименее значащего бита) и наконец проведён анализ соотношения сигнала к шуму с помощью средств Matlab. Обрабатываемые сигналы обрезались и приводились к одинаковой длине в 10^6 отсчётов.

Проверялась гипотеза о том, что показатели соотношения сигнала к шуму для различных классов будут отличаться ввиду неодинакового сжатия алгоритмами FLAC. Однако, эксперименты показали, что соотношения сигнала к шуму лежат в одном диапазоне. Приведём результаты в виде таблицы коэффициентов, отсортированных по возрастанию.

Таблица 1. Коэффициенты сигнал/шум для стегоконтейнеров со встроенным сообщением.

Класс 1. SNR, дБ	Класс 2. SNR, дБ	Класс 3. SNR, дБ
48,37579	47,72331	45,67773
51,16663	51,57767	47,86495
53,30391	55,50872	49,3266
54,38863	57,71643	52,71944
54,69939	58,21652	59,47175
56,15452	61,01049	61,6889
56,54644	62,15914	61,87389
56,5851	62,17757	61,91587
57,88849	62,35114	62,32221
58,69918	62,44207	62,3949
59,28752	62,51722	62,77728
59,29774	62,9606	62,8958
59,73581	63,24269	63,07789
61,2762	63,61253	63,1189
62,39617	63,77382	64,52278
63,00969	64,929	65,61175
63,05482	66,42202	66,9436
63,68174	66,77485	67,25836
64,14036	68,03061	67,5692
64,20219	69,40172	68,58331
64,49535		
64,7508		
66,95317		
68,4509		

В виде графиков представлено на рисунках 1-3.

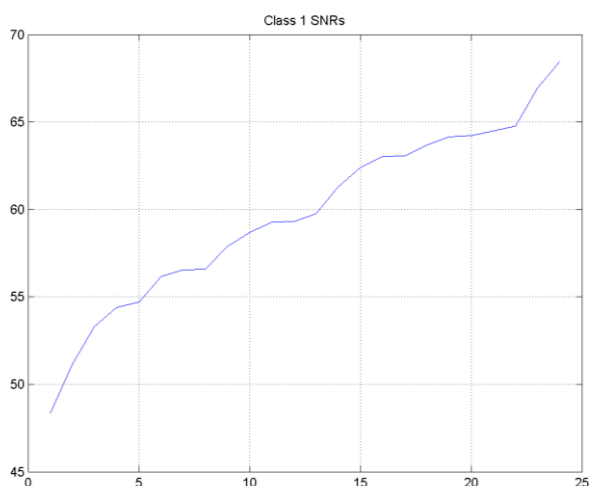


Рис. 1. График Коэффициентов сигнал/шум для стегоконтейнеров со встроенным сообщением 1-го класса.

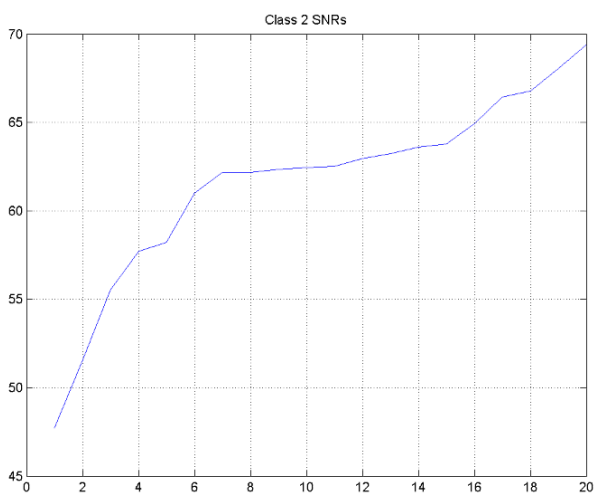


Рис. 2. График Коэффициентов сигнал/шум для стегоконтейнеров со встроенным сообщением 2-го класса

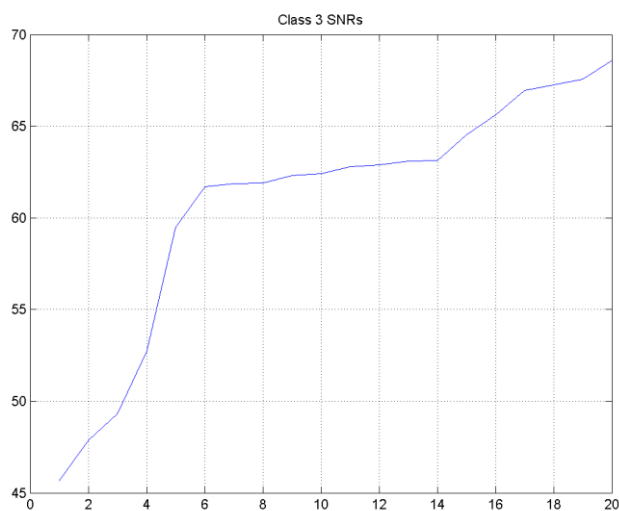


Рис. 3. График Коэффициентов сигнал/шум для стегоконтейнеров со встроенным сообщением 3-го класса.

В итоге оказалось, что анализ зашумлённости не применим в данной классификации контейнеров. Однако, этот анализ можно применить для проверки качества встраивания сообщений. Для этого необходимо учитывать количество изменённых битов и их разряд.

Литература

1. Н. П. Варновский и др. - Современные направления стеганографии [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://cryptography.ru/wp-content/uploads/2014/09/steganography.pdf>. – Дата доступа: 17.12.2019
2. Требования к стегосистемам [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://lektsii.org/2-89045.html>. – Дата доступа: 17.12.2019
3. Грибунин В.Г, Оков И. Н., Туринцев И. В. - Цифровая стеганография [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://litresp.ru/chitat/ru/%D0%93/gribunin-vadim-gennadjevich/cifrovaya-steganografiya#sec_4. – Дата доступа: 19.12.2019

УДК 004.4

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭМОЦИЙ ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ ЛИЦА

студент 4 курса Курицкий В. Ю.

Научный руководитель - ассистент Садов С. В.

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

Эмоциональная аналитика представляет собой интересную смесь психологии и технологий. Многие инструменты обнаружения выражений лица объединяют человеческие эмоции (согласно исследованиям Пола Экмана) в 7 основных категориях: радость, грусть, гнев, страх, удивление, презрение и отвращение. При обнаружении эмоций на лице программные решения находят, во-первых, лица на фотографиях или в видео, во-вторых, распознают микровыражения, анализируя отношения между точками на лице на основе баз данных.

В последние годы наблюдается интерес к системам, позволяющим распознавать эмоционально-психическое состояние человека. Входными данными для задач распознавания эмоционально-психического состояния человека могут быть либо статические изображения, либо последовательности изображений. Количество реально работающих программ распознавания эмоций еще очень невелико (проект «Оксфорд», FaceReader, система eMotion Software и сайт GladOrSad.com, PrrallelDots API, облачный инструмент SkyBiometry, Face ++, российская программа EmoDetect, продукты российских компаний Neurodata Lab, Sightcorp, американский сервис Emovu; приложение Nicola, созданное польской компанией Facemetrics; продукты американской компании Affective Computing Research Group, iMotions, британской фирма CrowdEmotion), а методы распознавания требуют совершенствования.

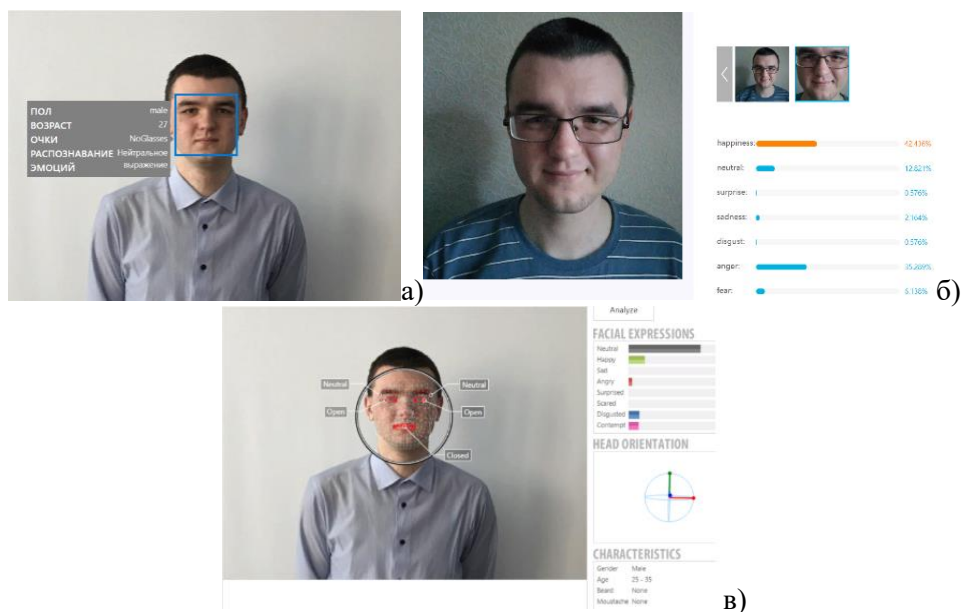


Рис. 1 Распознавание эмоций: а) проект «Оксфорд», б) Face ++, в) FaceReader.

Но при большом разнообразии решений они имеют недостатки. Не распознаются эмоции на фотографиях в профиль, в полутеневых фотографиях, в фотографиях людей с бородой и в очках, в фотографиях людей в масках и другими с нестандартными помехами, на негативах, на фото групп людей (5 и более).

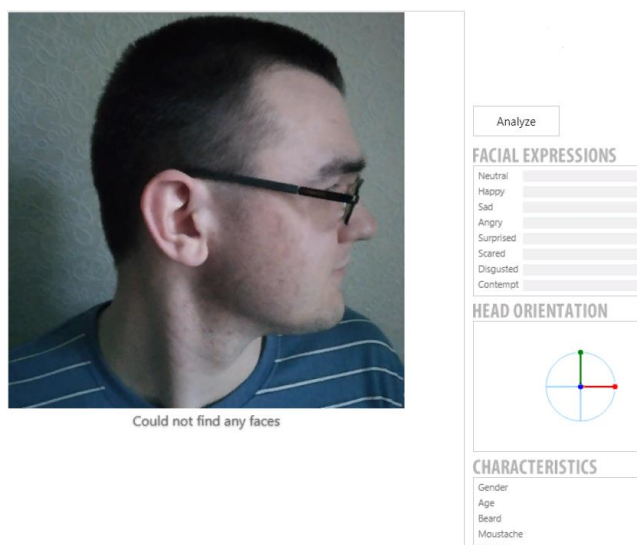


Рис 2. FaceReader не распознаёт повернутое лицо.

Цель настоящей работы – построить математическую модель процесса определения эмоций по изображению лица.

Задачами работы являются исследование программных разработок в сфере определения человеческих эмоций, определение их достоинств и недостатков, разработка модели эмоциональных состояний человека, создание математической модели распознавания эмоций по изображению лица.

Модель эмоционального состояния можно построить с помощью нечёткой логики, используя алгоритм Мамдами (рис 3).

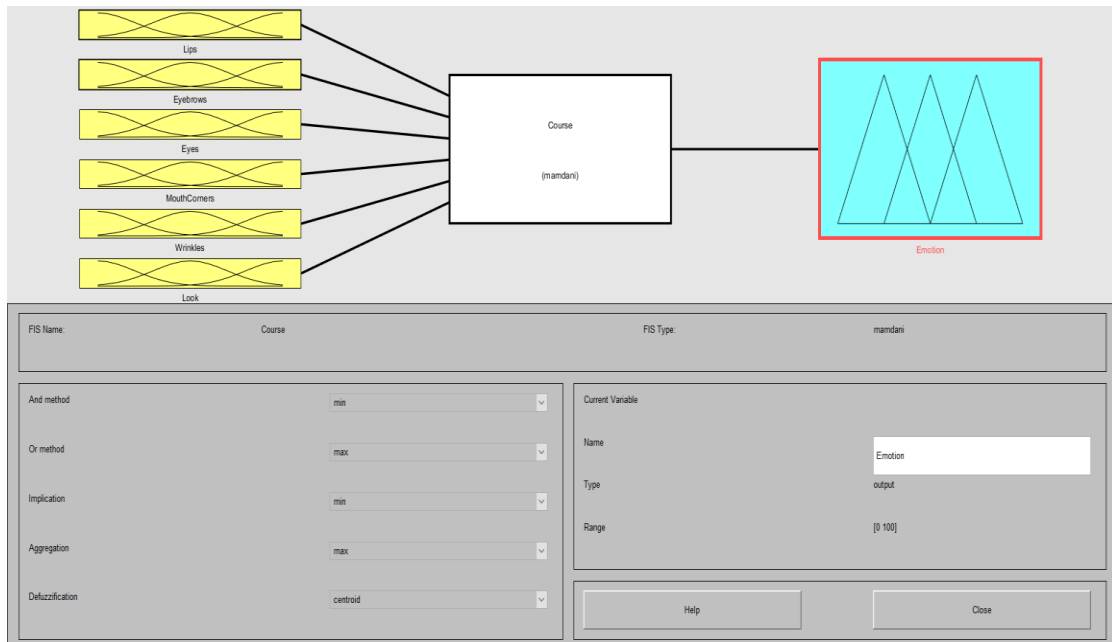


Рис 3. Модель определения эмоционального состояния созданная с помощью алгоритма Мамдами.

Данный алгоритм описывает несколько последовательно выполняющихся этапов. При этом каждый последующий этап получает на вход значения, полученные на предыдущем шаге. На вход поступают количественные значения, на выходе они же. На промежуточных этапах используется аппарат нечеткой логики и теория нечетких множеств. Можно манипулировать привычными числовыми данными, но при этом использовать гибкие возможности, которые предоставляют системы нечеткого вывода.

В модели (рис 4) используются 6 входных параметров (губы, уголки рта, глаза, направление взгляда, брови, расположение морщин).



Рис. 4. Определение эмоционального состояния по заданным параметрам.

Их комбинации записаны как правила и в результате на выходе модели получается одна из 12 эмоций. Всё это представлено в таблице.

Таблица 1.

	Губы (Рот)	Уголки рта	Глаза	Взгляд	Брови	Морщины
Радость	Закрыты	Оба вверх		Прямо	Прямые	У глаз или нет
Удивление	Открыты		Расширены	Прямо	Приподняты	На лбу или нет
Отвращение	Закрыты			Прямо	Опущены и сведены	Между бровями
Презрение	Закрыты	Один вверх	Прищурены	Прямо	Приподняты	Нет
Страх	Открыты	Оба вверх	Расширены	Прямо	Прямые	На лбу или нет
Гнев	Сжаты	Оба вниз		Прямо	Опущены и сведены	Нет
Грусть	Закрыты	Оба вниз		Вниз	Приподняты и сведены	Нет
Нейтральное	Закрыты			Прямо	Прямые	Нет
Недовольство	Закрыты	Оба вниз		Прямо	Опущены и сведены	нет
Возмущение	Сжаты	Оба вниз		Прямо	Опущены и сведены	Между бровями
Уныние	Закрыты	Оба вниз		Вниз	Опущены	Нет
Решимость	Сжаты			Вверх		Нет

При создании математической модели распознавания эмоций по изображению лица вначале необходимо обнаружить лицо, а потом классифицировать его выражение по семи эмоциям.

Каскады (прямоугольные признаки-примитивы) Хаара и метод Виолы-Джонса помогают найти на чёрно-белом изображении лицо. При выполнении этой задачи используется библиотека OpenCV языка программирования Python.

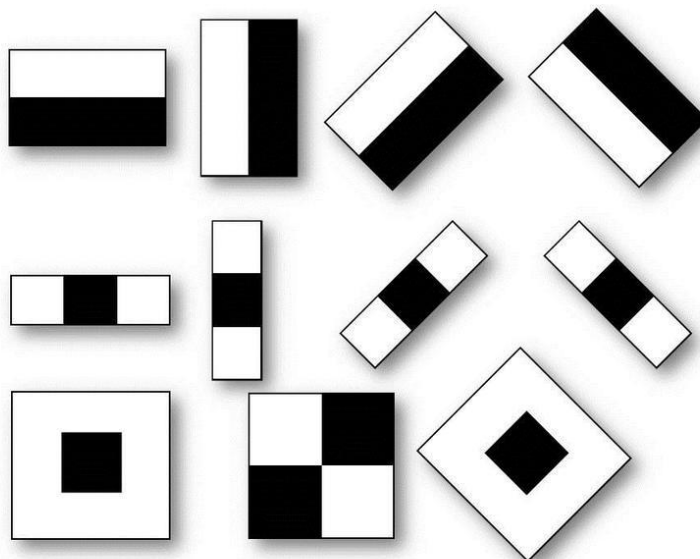


Рис 5. Примитивы Хаара.

Классификация выражения лица по семи эмоциям осуществляется с помощью обученной многослойной свёрточной нейронной сети.

```
Model: "sequential_6"
```

Layer (type)	Output Shape	Param #
conv2d_31 (Conv2D)	(None, 46, 46, 64)	640
conv2d_32 (Conv2D)	(None, 44, 44, 64)	36928
max_pooling2d_16 (MaxPooling)	(None, 22, 22, 64)	0
dropout_29 (Dropout)	(None, 22, 22, 64)	0
conv2d_33 (Conv2D)	(None, 20, 20, 128)	73856
conv2d_34 (Conv2D)	(None, 18, 18, 128)	147584
max_pooling2d_17 (MaxPooling)	(None, 9, 9, 128)	0
dropout_30 (Dropout)	(None, 9, 9, 128)	0
conv2d_35 (Conv2D)	(None, 7, 7, 256)	295168
conv2d_36 (Conv2D)	(None, 5, 5, 256)	590080
max_pooling2d_18 (MaxPooling)	(None, 2, 2, 256)	0
dropout_31 (Dropout)	(None, 2, 2, 256)	0
flatten_6 (Flatten)	(None, 1024)	0
dense_22 (Dense)	(None, 1024)	1049600
dropout_32 (Dropout)	(None, 1024)	0
dense_23 (Dense)	(None, 1024)	1049600
dropout_33 (Dropout)	(None, 1024)	0
dense_24 (Dense)	(None, 1024)	1049600
dense_25 (Dense)	(None, 7)	7175

Рис 6. Структурная схема нейросети.

Для обучения нейросети использовался набор данных fer2013. Он содержит в себе 35427 фотографии 7 видов эмоций:

- 0: -4593 изображения-гнев
- 1: -547 изображений-отвращение
- 2: -5121 изображения-страх
- 3: -8989 изображения-радость
- 4: -6077 изображений-грусть
- 5: -4002 изображения-удивление
- 6: -6198 изображений-нейтральное

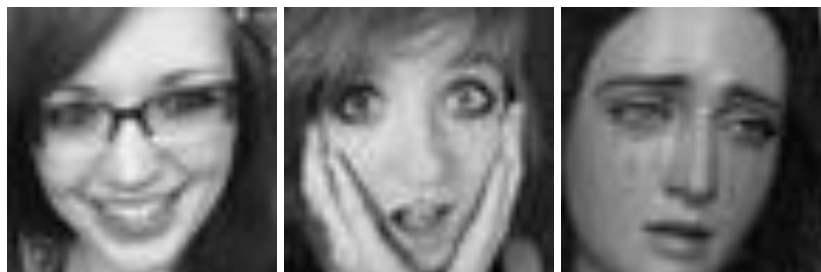


Рис 7. Фото из набора fer2013.

Для создания нейронной сети используется библиотека Keras языка программирования Python.

Таким образом, после исследования разработок в сфере определения человеческих эмоций, определения достоинств и недостатков этих программ была создана модель эмоциональных состояний человека, разработана математическая модель распознавания эмоций по изображению лица. Данная математическая модель распознаёт эмоции, если используется фронтальная или с отклонением до 30 градусов фотография лица и оно ничем не скрыто. Полученная модель имеет точность распознавания эмоций 59%.

Литература

1. About facereader [Electronic resource] / Noldus Information Technology– Netherlands, 2016. – Mode of access: <https://www.noldus.com/facereader/measure-your-emotions>. – Date of access: 20.05.2019.
2. Documentation facereader [Electronic resource] / Noldus Information Technology – Netherlands, 2017. – Mode of access: <https://facereader-online.com/case-studies>. – Date of access: 20.05.2019.
3. Как технологии распознают наши эмоции и почему это так перспективно [Электронный ресурс] / Neurodata Lab – Россия, 2017. – Режим доступа: <https://rb.ru/opinion/tehnologii-i-emptsii/>. – Дата доступа: 20.05.2019.
4. Эмоциональное состояние: виды и особенности переживаний человека [Электронный ресурс] – Россия, 2017. – Режим доступа: <https://classicalhypnosis.ru/statio-gipnoze/emotsionalnoe-sostoyanie.html>. – Дата доступа: 20.05.2019.
5. About iMotions [Electronic resource] / iMotions – UNITED STATES, 2016. – Mode of access: <https://imotions.com/facial-expressions/>. – Date of access: 20.05.2019.
6. Базовые эмоции: теоретические подходы и критерии выделения. Критика идеи базовых эмоций с позиций социального конструктивизма [Электронный ресурс] – Россия, 2015. – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/4346427/>. – Дата доступа: 20.05.2019.
7. Общая психология: учебник / Л.А. Вайнштейн, В.А. Поликарпов, И.А. Фурманов. - Минск: Соврем. Шк. 2009. - 512 с.
8. Emotion Recognition apis That Will Leave You Impressed, and Concerned 2015 [Electronic resource] – USA, 2016. – Mode of access: - <https://nordicapis.com/20-emotion-recognition-apis-that-will-leave-you-impressed-and-concerned/>. – Date of access: 20.05.2019.
9. Deep Learning [Electronic resource] / Affectiva – USA, 2018. – Mode of access: - <https://www.affectiva.com/how/deep-learning-at-affectiva/>. – Date of access: 20.05.2019.
10. Dataset fer2013 [Electronic resource] / Kaggle – USA, 2018. - <https://www.kaggle.com/deadskull7/fer2013>. – Date of access: 20.10.2019.

УДК 004.4

НЕЗРЯЧИЕ ЛЮДИ МОГУТ ОРИЕНТИРОВАТЬСЯ ДАЖЕ В МЕТРОПОЛИТЕНЕ

студент Маскалик С.Д.

Научный руководитель – Щетько Н.Н.

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

Проблема ориентации незрячих людей вовсе не нова. Существуют уже давно сформировавшиеся организации в помощи слепым людям. Да и сами незрячие люди уже более приспособлены в ориентации в пространстве, чем это было раньше. Однако сложностей в ориентации осталось куда больше чем то, что удалось преодолеть.

Первоочередно, слепым людям намного сложнее ориентироваться в замкнутом пространстве, не говоря о том, что помещения часто оказываются незнакомыми им.

Второй аспект – на улице и в помещениях незрячие люди большую часть в ориентации в пространстве полагают на слуховые ощущения. В метро же постоянно шумно, что, естественно, сказывается на ориентации.

Большим неудобством в ориентации слепых является большое скопление людей. Незрячих сбивает с толку большое количество людей, ведь зачастую им нужно куда больше личного пространства, чем обычному здоровому человеку.

Еще одним вопросом стоит безопасность слепых людей на платформе. Как минимум нахождение людей со зрительными дефектами в метро сказывается на их безопасности. Примерно каждые пять минут, а в часы-пик и каждую минуту, проезжают многотонные составы, которые при неправильном нахождении человека, могут нанести ему вред, не говоря о примитивной возможности упасть с платформы. Но и по случайности слепые люди могут нанести вред обычным пассажирам метро – случайно толкнув человека.

Поэтому целесообразно было бы ввести некую систему навигации во внутреннем пространстве (indoor-навигация), а именно на платформе, чтобы избежать неудобств и предотвратить возможные опасности.

Существует масса систем и платформ, которые тем или иным способом решают вопросы внутренней навигации.

Самым первым стоит упомянуть GPS-навигацию. Очень привлекательная технология из-за своей сформированной годами инфраструктуры. Вторым плюсом здесь окажется большой спектр устройств, которые поддерживают эту систему. Однако, использование данной технологии ограничено в замкнутом пространстве и плотно застроенных районах. Сигналы в таких местах не доходят до получателя. Еще одним вопросом стоит погрешность, которая может достигать порядка 30 метров.

Еще одним вариантом может послужить использование точек мобильных операторов. Как и у GPS-навигации здесь развита инфраструктура и высокая площадь покрытия сигналом. Минус тот же – низкий уровень сигнала под землей. Здесь еще появляется сложность построения карты местности, т.к. многие подстанции операторов являются мобильными и при переносе одной из них опять же придется перестраивать карту для ориентации. Точность же здесь составляет порядка 20 метров, а это для точного позиционирования человека на перроне не подходит.

Таблица 1. Сравнительные показатели.

GPS		GSM-точки	
Плюсы	Минусы	Плюсы	Минусы
Большое покрытие	Не работает в закрытых помещениях	Большое покрытие	Низкий уровень сигнала под землей
Развитая сформированная инфраструктура	Довольно большая погрешность (~30 м)	Развитая сформированная инфраструктура	Невысокая устойчивость системы

Одной из развивающихся, на данный момент, технологий является iBeacon. Технология базируется на широкополосном опросе Bluetooth-маячками, имеет сравнительно невысокую цену и легка в использовании. В отличие от вышеприведенных технологий, она имеет не сильно развитую инфраструктуру, что является ее основным минусом.

Данная технология базируется на протоколе BLE (Bluetooth Low Energy), что непосредственно указывает на ее преимуществе – низком потреблении электроэнергии. Работает данная технология с Android и IOS, что дает возможность использования ее почти каждому.

Данная технология, в отличии от GPS или GSM, специально создавалась для решения задач ориентации во внутреннем пространстве. Маячки, которые используются для работы, могут проработать на заряде одной батарейки 2 года. Следовательно, обслуживание данной системы с этой стороны сводится к минимуму.

Перейдя непосредственно к определению координат, необходимо произвести следующие приготовления. Для начала маячками располагаются на потолке помещения (в нашем случае станции метро). Затем исходя из расположения маячков, составляется карта местности с привязкой каждого маячка к геопозиции на станции.

Алгоритм достаточно тривиален. Первоочередно, мы собираем сигналы всех возможных маячков, и из них выбираем 3 сигнала с наиболее высоким показателем мощности. Основываясь на мощности сигнала, порядковом номере каждого маячка, который передается нам самим маячком, и привязке маячка к пространству мы определим наше местоположение на станции. Далее с помощью фильтра Калмана мы снизим наши погрешности, коих достаточно много из-за неустойчивости показателя мощности сигнала. Динамической моделью системы здесь будет выступать управляющее воздействие акселерометра.

Фильтр Калмана использует динамическую модель (в нашем случае показатели акселерометра) и 2 повторяющиеся циклические стадии: предсказание и корректировка. На первом этапе рассчитывается состояние системы в следующий момент времени, основываясь на управляющем взаимодействии, а на втором – корректируется прогноз, используя результат очередного измерения.

Данными манипуляциями будет достигнута точность порядка 2-3 метров. Для обыкновенного человека этого было бы вполне достаточно, но не для инвалида по зрению. Внедрение ИНС (Инерциальная навигационная система), как системы помощника позволит нам достичь точности в 30 см. Такой результат достигается выстраиванием доверительной вероятности к каждой из систем.

Внесистемным улучшением будет выступать организация станций закрытого типа. Это позволит избежать непредвиденных ситуаций попадания людей на рельсы. А также отличным решением будет установка тактильной плитки для незрячих людей, что дополнительно позволит сориентировать их.

Возможности таких навигационных систем имеют огромный потенциал, и их применение пойдет на руку не только людям с отклонениями в здоровье, а еще и рядовому гражданину. Системы внутренней навигации в перспективе имеют возможность стать основополагающей частью в жизни людей в мегаполисах и крупных городах. Внедрение технологии в метро позволит далее ее внедрить во многие другие места: магазины, наземный общественный транспорт и многие другие общественные места, что дает плюс не только незрячим людям.

Литература

1. Connected Mobile Experience and Location Based Services Understanding indoor and outdoor location technologies using WiFi, BLE, iBeacon and other sensors (Networking Technology) /D. Sladden - Cisco Press, 2017. -250 с.

2. Learning iBeacon / C. Gilchrist – Packt Publishing, 2014. – 196 с.

3. Understanding the different types of BLE Beacons [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://os.mbed.com/blog/entry/BLE-Beacons-URIBeacon-AltBeacons-iBeacon/>. – Дата доступа: 25.05.2019

РАДАР ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

студент гр. 10309117 Василькевич Ф.В.

Научный руководитель – ст. преподаватель Костюк И.Р.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Обнаружение и отображение целей в высоком разрешении в реальном времени имеет большое значение как для военной, так и для гражданской промышленности, например, для захвата и отслеживания быстро движущихся целей, для которых требуется радиочастотный (РЧ) радар, работающий на высокой частоте и в широкой полосе пропускания с возможностью обработки сигналов в реальном времени. Это требование создает большие проблемы для современной электроники. В данном докладе представляется радар высокого разрешения, основанный на фотонике.

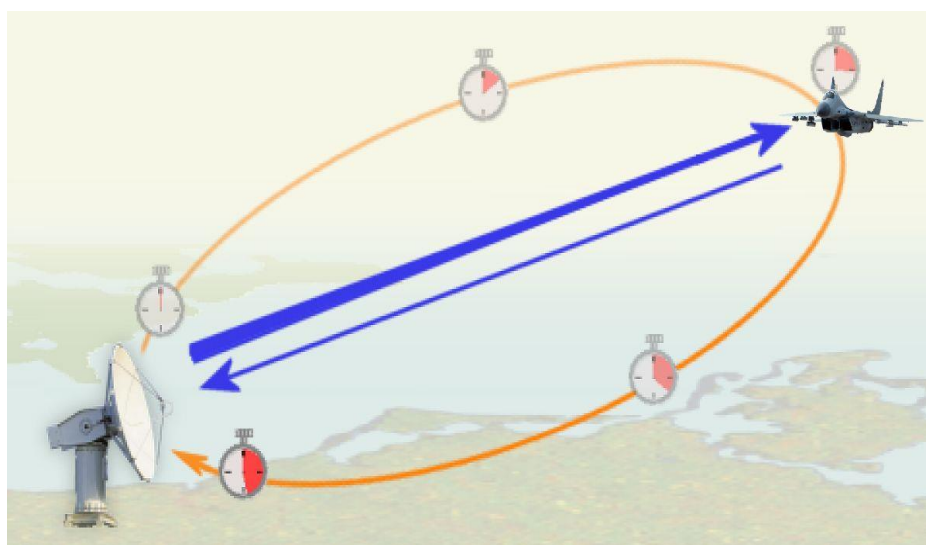
Как это работает?

Рис 1. Принцип работы радара.

Широкополосный сигнал генерируется в передатчике с помощью четырехкратного увеличения фотонной частоты, а принятый эхо-сигнал дешифруется до низкочастотного сигнала путем смещения фотонных частот. Система может работать на высокой частоте и большой полосе пропускания, одновременно обеспечивая обработку в реальном времени за счет низкоскоростного аналого-цифрового преобразования и цифровой обработки сигналов. Обработка же сигнала в 8 ГГц в реальном времени (LFM) достигается с частотой дискретизации 500Мпа/с. Точное измерение расстояния осуществляется с максимальной погрешностью 4 мм в диапазоне ~ 3,5 метра. Обнаружение двух целей демонстрируется с разрешением по дальности до 1,875 см. Максимальная полоса пропускания работы в основном определяется электрооптическими устройствами, которые могут составлять десятки или даже сотни гигагерц. В результате чего возможно обнаружение радаром объекта не только с очень высоким разрешением, но и удалённом на достаточно большое расстояние при низкой задержке сигнала.

Устройство системы

Свет непрерывной волны от лазерного диода модулируется двухпараллельным модулятором (DPMZM), который возбуждается непрерывным сигналом LFM, генерируемым низкоскоростным генератором электрических сигналов. Для простоты понимания мы предполагаем, что мгновенная частота сигнала IF-LFM равна:

$$f_{IF}(t) = f_0 + kt,$$

где f_0 - начальная частота, а k – линейная частота.

Модулятор DPMZM состоит из двух составляющих MZM (MZM-a и MZM-b), и каждый MZM встроен в одно плечо родительского MZM (MZM-c). Перед применением к DPMZM сигнал IF-LFM проходит через преобразователь сигнала, и полученные два сигнала с разностью фаз в 90° используются для возбуждения двух соответствующих MZM.

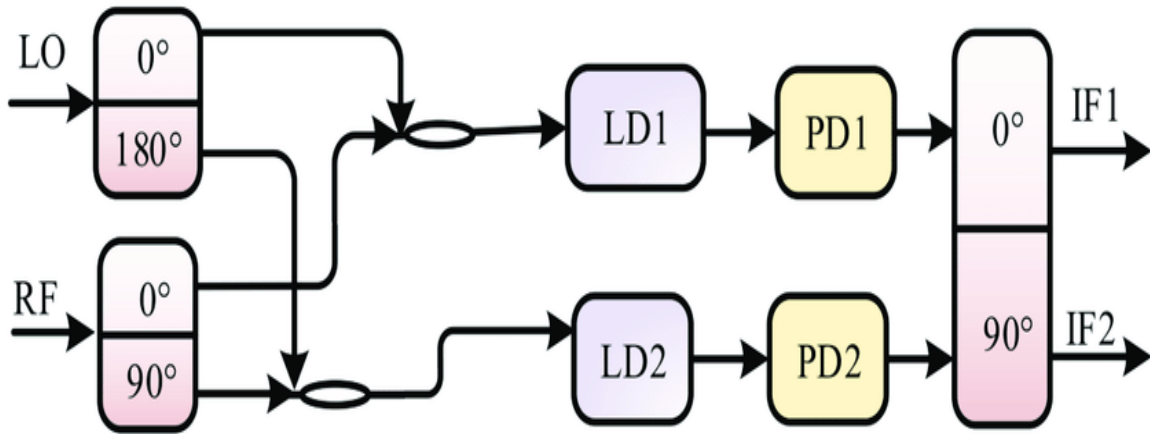


Рис 2. Устройство системы.

При правильной настройке напряжения смещения этот оптический сигнал затем равномерно разделяется на две ветви с помощью оптического соединителя (ОС). В одной ветви оптический сигнал используется в качестве эталона для обработки принятых эхосигналов, а в другой ветви сигнал отправляется на фотоприемник для реализации оптического преобразования в электрический. Полученный электрический сигнал имеет частоту в четыре раза по сравнению с частотой сигнала IF-LFM. Следовательно,

$$f_{LFM}(t) = 4f_0 + 4kt,$$

Сигнал LFM усиливается широкополосным электрическим усилителем и запускается в воздух через антенну для обнаружения цели. Отраженный мишенью сигнал собирается другой антенной и должным образом усиливается перед подачей на электрооптический фазовый модулятор (ЭФМ). ЭФМ используются для модуляции оптического сигнала опорного от нижней ветви. В этом процессе, две оптические боковые полосы в оптическом сигнале можно рассматривать как два оптических носителя:

$$f_c - 2f_0 - 2kt \quad (1)$$

$$f_c + 2f_0 + 2kt \quad (2)$$

Частота боковой полосы 1 порядка, генерируемой посредством фазовой модуляции при условии (1), находится в положении:

$$f_c + 2f_0 + 2kt + 4k\Delta\tau,$$

где $\Delta\tau$ – задержка по времени отраженного сигнала НЧМ по сравнению с передаваемым сигналом.

Для уменьшения интенсивности передаваемого сигнала используется оптический полосовой фильтр (ОПФ). После ОПФ оптический сигнал отправляется на другой фотодетектор для выполнения оптического преобразования в электрический. На выходе получается электрический сигнал с частотой:

$$\Delta f = 4k\Delta\tau$$

На практике эта частота может быть получена путем выборки сигнала с использованием низкоскоростного электрического АЦП и последующего выполнения

простого спектрального анализа. Принимая во внимание, что $4k$ – это частота передаваемого LFM сигнала, задержка по времени $\Delta \tau$ может быть выражена как:

$$\Delta \tau = \frac{\Delta f}{4k} = \frac{T \Delta f}{B}$$

где B – ширина полосы, а T – временной период LFM сигнала, передаваемого через антенну.

Расстояние до цели можно определить же, как:

$$L = \frac{\Delta \tau}{2} c = \frac{c}{2B} T \Delta f$$

Минимальное разнесение спектра, которое можно выделить, составляет $\Delta f_{\min} = 1/T$, таким образом, разрешение по дальности составляет:

$$L_{RES} = \frac{c}{2B} T \Delta f_{\min} = \frac{c}{2B}$$

Данное уравнение показывает, что большая полоса пропускания передаваемого сигнала помогает достичь высокого разрешения.

Вывод. В представленном радаре генерация фотонов и расщепление сигналов могут иметь очень большую рабочую полосу. После фотонного дешифрирования в приемнике может использоваться АЦП с умеренной скоростью дискретизации и высокой точностью, что позволяет обрабатывать сигналы в реальном времени. Следовательно, может быть достигнуто обнаружение цели в реальном времени с высоким разрешением, что делает предложенную радиолокационную систему весьма перспективной в различных применениях.

Литература

1. Радиолокационные станции бокового обзора / Под редакцией А. П. Реутова. — М.: Советское радио, 1970. — 360 с. — 6700 экз.
2. Translation Bureau (2013). "Radar definition". Public Works and Government Services Canada. Retrieved 8 November 2013.
3. "US879532A - Space telegraphy". *Google Patents*. 1907-01-29. Retrieved 2019-08-10.
4. Grodkowski, Paul (2015-08-24). *Beginning Shortwave Radio Listening*. Booktango. ISBN 9781468964240.
5. Valipour, M. Hadi; Homayounpour, M. Mehdi; Mehralian, M. Amin (2012). "Automatic digital modulation recognition in presence of noise using SVM and PSO". *6th International Symposium on Telecommunications (IST)*. pp. 378–382.
6. Karl Paulsen. "Coding for Magnetic Storage Mediums". 2007.

УДК 004.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГА МОДИФИКАЦИИ ЯРКОСТИ ПИКСЕЛЯ В МЕТОДЕ КУТТЕРА-ДЖОРДЕНА-БОССЕНА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

студент 4 курса, 5 группы Сорока В. Б.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Садов В.С.

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

Стеганография на ряду с криптографией является одним из важнейших способов защиты информации от несанкционированного доступа. В настоящее время существует большое количество стеганографических методов для сокрытия информации в изображениях. Одним из известных методов является метод Куттера-Джордена-Боссена(КДБ). Идея метода состоит в том, что мы увеличиваем (уменьшаем) яркостную компоненту пикселя на некоторое значение, исходя от значения исходной яркости для

записи в пиксел 1 (0). Очень важным плюсом метода является, что для извлечения стегосообщения не надо иметь в распоряжении исходное изображение, но извлечение информации носит вероятностный характер так как вероятность извлечения зависит от значений яркости соседних пикселей. Для извлечения информации берется область в виде креста (рис. 1) (размер креста рекомендуется брать от 1-3), по формуле (1) рассчитывается ожидаемое значение цветовой компоненты пиксела, после это вычисляется разность $\Delta = B_{x,y} - \langle B_{x,y} \rangle$ и если Δ имеет значение больше нуля то значит в пиксел записан 1, если же меньше то 0.

$$\langle B_{x,y} \rangle = \frac{\sum_{i=-k}^k (B_{x+i,y}) + \sum_{j=-k}^k B_{x,y+j}}{4*k} - 2 * B_{x,y} \quad (1)$$

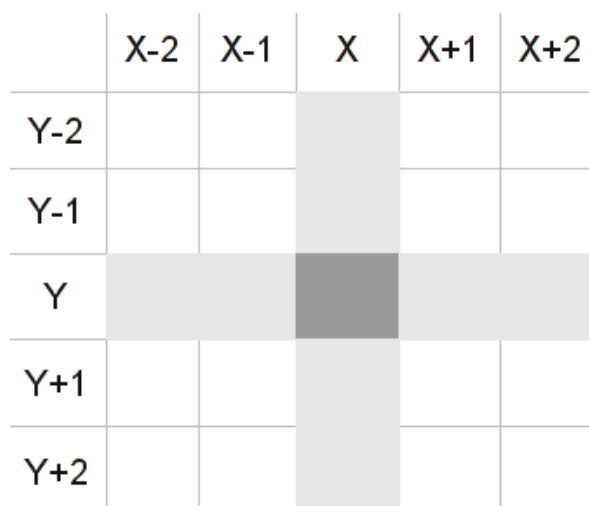


Рис.1. Область в виде креста для извлечения информации.

Цель данной работы исследовать зависимость порога модификации яркости пикселя для метода Куттера-Джордена-Боссена в зависимости от параметров изображения, а также получить оптимальные параметры для каждого из изображений. Оптимальным будем считать такое встраивание, при котором нельзя определить визуально и устойчивое к различного рода атакам (наложение шума, очистка наименее значащего бита).

Основные проблемы, которые могут привести к потере информации в контейнере или к ее обнаружению.

1. Встраивание в пиксел находящийся на границе объекта.
2. Влияние информации, встроеной в соседние пиксели.
3. Зашумление изображения.
4. Сильное изменение одной цветовой составляющей пиксела при встраивании, которое может привести к обнаружению факта встраивания.

Первую проблему можно решить простым способом, обходить области границ при встраивании либо применить сглаживающий фильтр для изображения, но применение фильтра повлечет ухудшение качества изображения.

Для решения второй проблемы встраивание лучше производить, что бы в область креста не попадали пиксели, в которые будет встраиваться информация, или попадало не больше одного двух пикселей.

Так как яркость пиксела вычисляется по формуле (2), то логично встраивать данные в синюю

$$Y_{x,y} = 0.299 * R_{x,y} + 0.587 * G_{x,y} + 0.114 * B_{x,y} \quad (2)$$

компоненту так как она менее всего влияет на яркость пиксела, а человеческий глаз более чувствителен к изменению яркости. Изначально изменение синей компоненты, далее мощность встраивания, было установлено в 20%. Встраивание производим во все изображение. Плотность встраивания 1 бит/ 10 пикселей либо 1 информационный бит на / 80 бит изображения. Такая плотность выбрана для уменьшения влияния встроенной информации на ее извлечение.

На первый взгляд может показаться, что на любом изображении будет заметна разница между исходным изображением и изображением, в которое встраивалось стегосообщение посредством изменения синей компоненты на 20%.

Но для областей изображений в которых средняя яркость зеленой и красной компоненты явно превосходит синюю рис.2, рис.4 либо где компоненты близки друг к другу по значениям рис.6 (цвета близкие к серым) явных визуальных изменений не наблюдается. Причем чем ниже яркость пикселей, тем менее заметны искажения, для больших же яркостей пикселей искажения становятся более заметными.



Рис.2. Часть изображения, в которую встроены биты информации (средняя яркость).

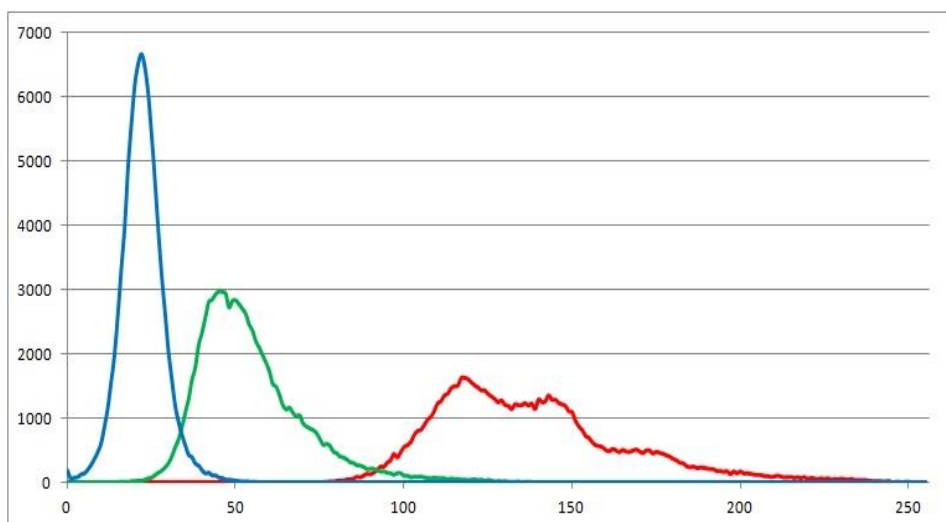


Рис.3. Распределение цветов в пикселах по трем компонентам изображения рис.2.

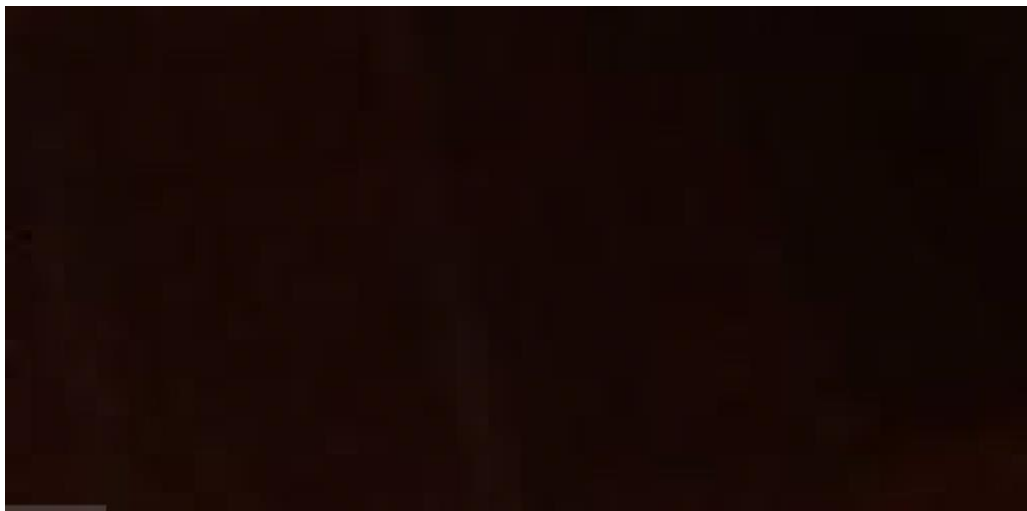


Рис. 4. Часть изображения, в которую встроены биты информации (Малая яркость).

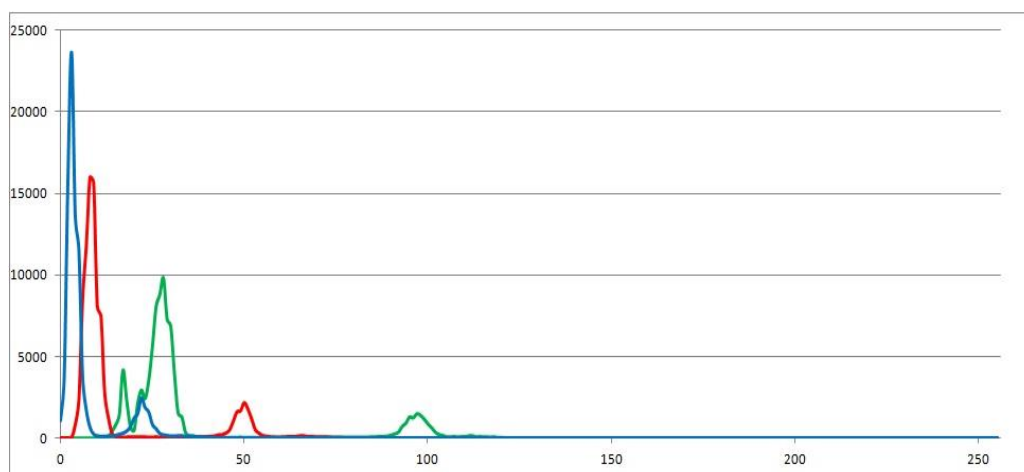


Рис.5. Распределение цветов в пикселах по трем компонентам изображения рис.4.



Рис.6. Часть изображения, в которую встроены биты информации.

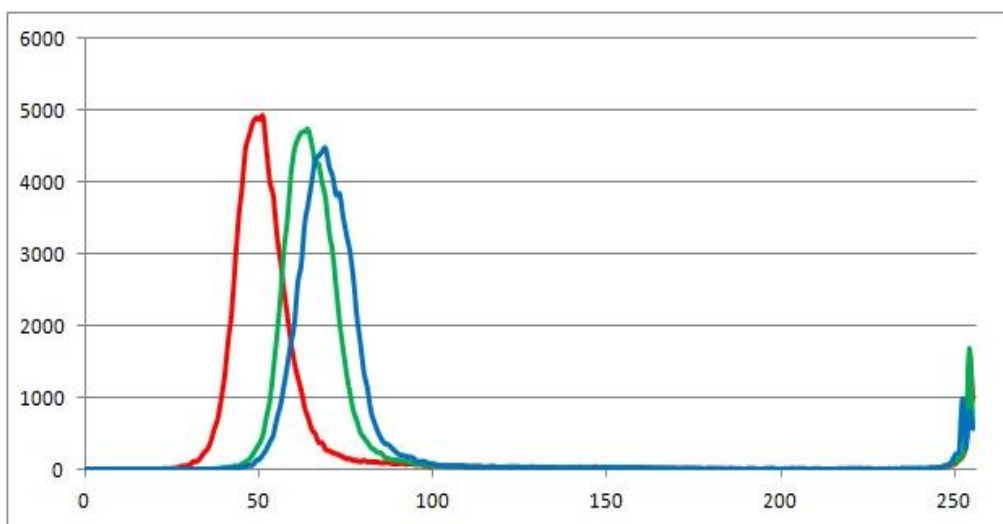


Рис.7. Распределение цветов в пикселах по трем компонентам для изображения на рис.6.

Для изображений с большой средней яркостью пикселей искажения становятся сильно заметными, особенно это видно на желтых, синих или белых частях изображений рис. 8.

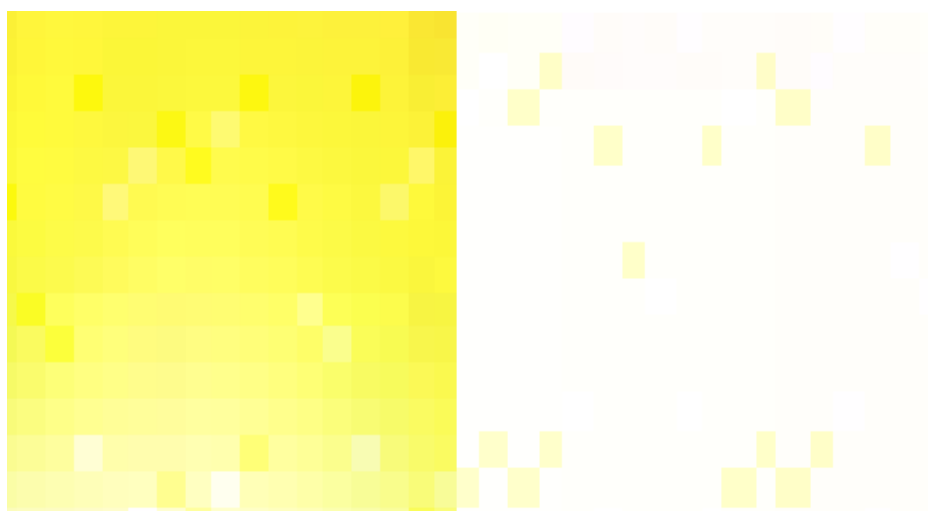


Рис.8. Изображения с большой средней яркостью пикселей искажения.

Проводя такие же исследования уменьшая мощность встраивания до 6%, мы получаем возможность встраивать информацию без потерь в области изображений без изменений цветов пикселей. Причем встраивание хорошо показывает себя в том случае если мы встраиваем в синие и близкие к белому цветовые области плавными переходами. Причем при наложении шума уровнем 5% информацию удастся сохранить только при мощности встраивания 8-10% при этом после встраивания, визуальным методом довольно сложно определить наличие стегосообщения, что можно считать оптимальным выбором для данного изображения. При этом если рассмотреть зависимость распределения синего цвета по количеству пикселей, то можно наблюдать небольшие всплески в сравнении с исходным рис.9, рис.10.

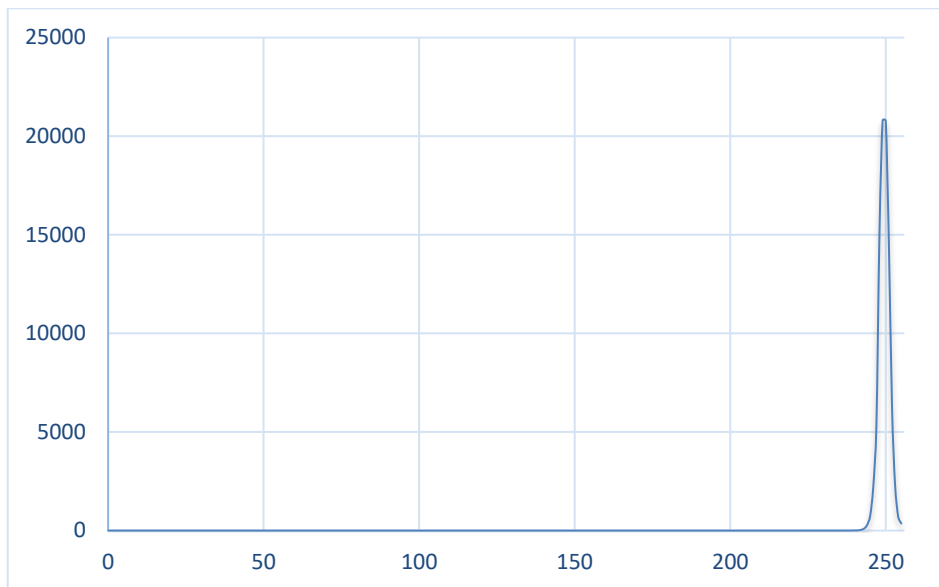


Рис.9. Распределение синей составляющей для исходного изображения.

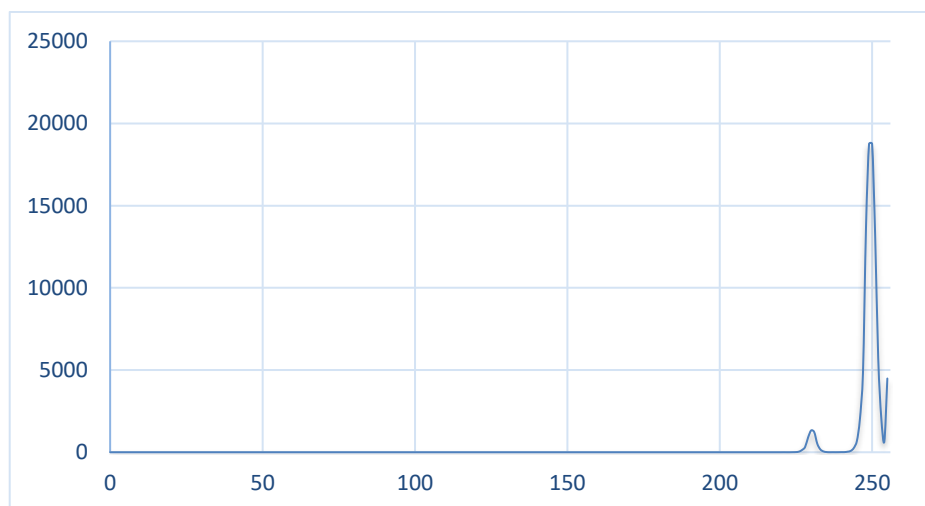


Рис.10. Распределение синей составляющей для изображения после встраивания.

Но данную проблему можно решить, наложив на изображение небольшой шум тем самым увеличив диапазон синей компоненты для пикселей.

Стоит заметить, что для изображений, которые обладают более «широкой» характеристикой распределение пикселей по цветам, мощности встраивания в 8-10 % становится недостаточно, и они требуют более большого коэффициента в диапазоне от 13-17% процентов от текущего значения цветовой составляющей.

Так же ради интереса было произведено встраивание в область границ, но даже при мощности встраивания в 30 процентов, извлечь сообщение с 100 % вероятностью не удастся, и искажения на границах являются слишком заметными, так что области с границами при встраивании нужно обходить в любом случае.

Вывод: Как видно из описания выше, каждая область изображения обладает своими собственными характеристиками, и те параметры метода встраивания которые подходят для одних цветовых областей не подходят для других областей встраивания. Для областей где яркость красной и синей компоненты заметно превосходят значение синей причем яркость синей компоненты не близка к нулю мы можем применять коэффициент мощности встраивания вплоть до 20 % значения. Причем если у нас

яркость красной и зеленой компоненты превосходят синюю в два раза, то яркость пиксела мы меняем при мощности встраивания 20% на 1.2 % что никак нельзя визуалью заметить. Плохими для встраивания являются контейнеры содержащие большое количество мелких деталей, например, трава, так как в таких местах формируются перепады яркости пикселей, и их составляющих, что плачевным образом сказывается на встраивании информации в пиксел. Так же для ярких областей изображения оптимальной мощностью встраивания является мощность порядка 8-11%. Это все говорит о том, что обычная реализация метода Куттера-Джордена-Боссена показывает себя не лучшим образом для изображений, в которых мы имеем области с разными цветовыми элементами, но хорошо себя показывает в изображения с однотонными цветами. И алгоритм требует реализации с адаптивным встраиванием. Где мощность встраивания должна подбираться так что бы яркость пиксела после встраивания была меньше 1.5% но при этом мощность встраивания не превышала 15% - 20%.

УДК 004.627

**РАЗРАБОТКА ОМНИКАНАЛЬНОГО КОНТАКТ-ЦЕНТРА
С ФУНКЦИОНАЛОМ КОРРЕКТИРОВКИ ДИАЛОГА КЛИЕНТА
С ВИРТУАЛЬНЫМ АССИСТЕНТОМ**

студент гр. №3 Ясницкий С.В.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Садов В.С.

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

Новые форматы медиа, достижения в аппаратной области, а также разнообразные требования и типы контента создают потребность в алгоритмах сжатия более гибких, чем существующие кодеки. Нейронные сети (и конкретно автоэнкодеры [1]) имеют значительный потенциал в этом отношении, но присутствуют и некоторые недостатки, в частности, проблемы с составлением обучающей выборки, а также трудности с оптимизацией в силу недифференцируемости некоторых этапов сжатия (в частности, квантования).

В качестве исследуемой сети был выбран автоэнкодер, благодаря его способности выделять во входных данных только наиболее характерные для них признаки за счёт сокращения нейронов в скрытом слое.

В данной работе рассматривается свёрточный автоэнкодер (CAE), который основан на использовании свёрточных нейронных сетей в качестве кодера и декодера. Это позволяет использовать все преимущества свёрточных сетей, а именно: разреженность коэффициентов, что позволяет сети более эффективно описывать сложные взаимоотношения между большим количеством переменных; разделение параметров, позволяющее сократить количество хранимых параметров; эквивариантность представления, позволяющую сети успешно обрабатывать одни и те же объекты, которые находящиеся на ряде изображений в разных местах или имеющих переменный масштаб.

В качестве обучающей выборки использовался набор изображений MNIST. Сеть состоит из кодера и декодера, включающих в себя 2 сжимающие (разжимающие) единицы, состоящие из свёрточного слоя и слоя субдискретизации.

В процессе обучения подбиралось количество фильтров, наиболее оптимальные результаты дали значения $N_1 = 8$ и $N_2 = 4$. Эти параметры позволяют получить визуально неразличимые по сравнению с большим количеством фильтров результаты при большей скорости обучения.

В качестве функции потерь использовалась кросс-энтропия, а в качестве оптимизатора – алгоритм стохастического градиентного спуска с адаптивной оценкой

моментов (adam). В роли меры качества восстановленного изображения (рисунок 1) использовался критерий соотношения сигнал/шум (PSNR) [2].

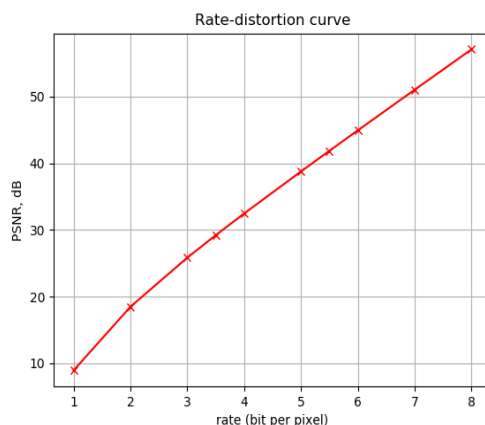


Рис. 1. Зависимость степени сжатия (бит/пиксель) от оценки сигнал/шум (PSNR).

В работе удалось достичь главной цели исследования – сжать данные. Несмотря на неполную репрезентативность используемых в обучении изображений, полученные результаты показывают возможность использования этого алгоритма для сжатия. В перспективе нейронную сеть планируется обучить для работы с реальными полноразмерными изображениями.

Литература

1. Goodfellow I. Deep learning / I. Goodfellow, Y. Benjio, A. Courville. — Cambridge: MIT press, 2016. — 800 p.
2. Toderici G. Full Resolution Image Compression with Recurrent Neural Networks / G. Toderici, D. Vincent, N. Johnston // CVPR. – 2017. – P. 5435-5443.

УДК 519.8

АВТОМАТИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАДАЧ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦ

студент гр. 10306117 Шункевич Е.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Романюк Г.Э.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В современном мире стоит вопрос о подделке данных, содержащихся в резюме, таких как аттестат или диплом об образовании, сертификаты о прохождении курсов, опыт работы и обязанности. Зачастую появляется необходимость доказать наличие образования, полученного десятки лет назад, но диплом потерян, и необходимо его восстановление, бумага в архиве университета выцвела, или сам архив уничтожен, либо само учебное заведение было расформировано.

Реестр резюме, построенный с использованием технологии блокчейн, дает следующие преимущества:

- простое подтверждение подлинности данных,
- контроль владельцем личных данных доступа к ним,

- наличие истории выдачи активов (сертификатов) и доступа к этим данным [1].

Среди существующих решений можно рассмотреть, например, IPDB (Interplanetary database) на базе BigchainDb, а также все решения, использующие блокчейн как полноценную базу данных. Они дают пользователю права на создание и передачу активов другим пользователям, вся история при этом сохраняется в блокчейн, однако они не позволяют удалить данные об активах.

Такое решение не соотносится с законами об обработке и хранении персональных данных, как, например, «Общий регламент по защите данных (GDPR)», хотя и вводится такое понятие как «burn-операция» (сжигание) вместо удаления в стандартном наборе операций из создания, чтения, изменения и удаления [2].

Другая категория приложений хранит в блокчейне только верификационную информацию, а сами данные при этом хранятся в обыкновенной базе данных. Например, Acclaim или Accredible, использующий открытый протокол Chainpoint для сохранения хеша данных о сертификате или бейдже в блокчейн Bitcoin. Сам по себе протокол Chainpoint подразумевает использование открытого блокчейна для сохранения данных вместе с транзакцией. Минусом данного подхода является использование стороннего блокчейна. В случае, если его использование прекратится, и все узлы пропадут из сети, все данные для валидации (хеши) пропадут вместе с ним.

В разработку Hyperledger Fabric было внесено предложение по работе с приватными данными и в данный момент эта возможность находится в активной разработке, однако для этого необходимо создание конфигурационного файла *collections_config.json*, который распространяется по всем узлам в сети. В нем содержится информация о том, кто кому на какие данные дал доступ, что очень неудобно с точки зрения бизнеса [3].

В данной работе предлагается следующее решение. На каждом узле сети, которые являются членами консорциума, разворачивается блокчейн на базе Hyperledger Fabric. Узлами сети могут быть организации, заинтересованные в подтверждении данных через блокчейн. Это могут быть правительственные структуры, центры занятости, учреждения образования, центры сертификации, проводящие различные экзамены на получение сертификата и т.д.

Все данные для резюме создаются в виде Verifiable Credential (рисунок 1) [4].

```
{
  "@context": [
    "https://www.w3.org/2018/credentials/v1",
    "https://example.com/examples/v1"
  ],
  "id": "http://example.edu/credentials/3732",
  "type": ["VerifiableCredential", "UniversityDegreeCredential"],
  "credentialSubject": {
    "id": "did:example:ebfeb1f712ebc6f1c276e12ec21",
    "degree": {
      "type": "BachelorDegree",
      "name": "Bachelor of Science in Mechanical Engineering"
    }
  },
  "proof": { ... }
}
```

Рис 1. Пример структуры записи с использованием распределённого идентификатора организации.

Все узлы сети используют блокчейн для хранения хешей выданных бейджей, логирования кто и когда получал доступ к тем или иным данным (рисунок 2).

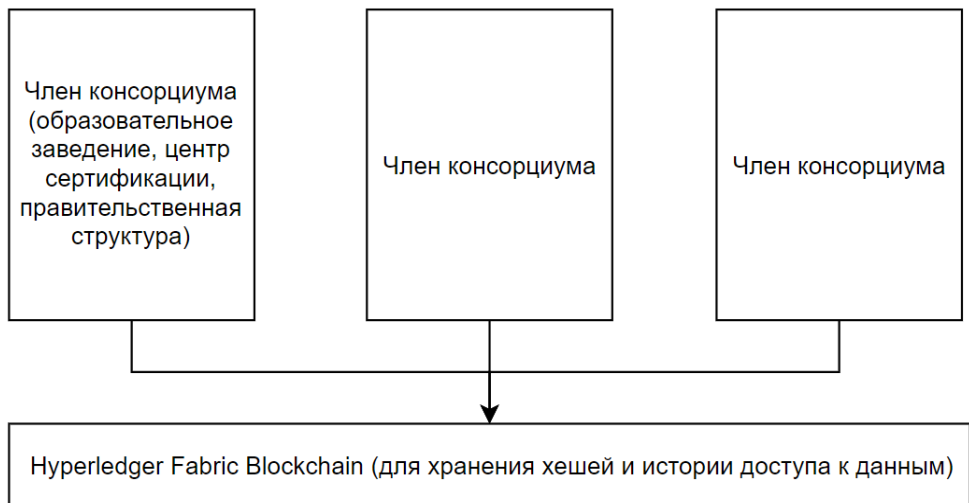


Рис 2. Архитектура системы.

Каждый член консорциума, желающий вносить свои данные в блокчейн, создает децентрализованный идентификатор (Decentralized ID, или DID [5]), который будет содержаться в данных, добавляемых в блокчейн. Данные о DID вместе с публичными ключами также сохраняются в блокчейн, т.к. по задумке создателей, идентификаторы не изменяемы. При этом сами идентификаторы могут быть опубликованы в достоверных источниках.

Каждый узел консорциума хранит заверенные им данные у себя, но всегда остается возможность владельцу данных загрузить, например, свой сертификат в формате json и запросить удаление своих данных из базы организации-узла. Имея только json-файл сертификата, можно проверить его подлинность по хешу в блокчейне.

Для доступа к данным используется общее для всех клиентское приложение (или веб-сервис), использующее общий API, которое соединяется с серверами узлов сети. Приложение выполняет роль хранилища идентификаторов, как кошельки в криптовалютных блокчейнах (рисунок 3). Для владельцев активов (те, кому выдаются сертификаты, дипломы и т.д.) также создается децентрализованный id. В базе узла, выдающего актив, сохраняется запись, соотносящая пользователя с его DID.

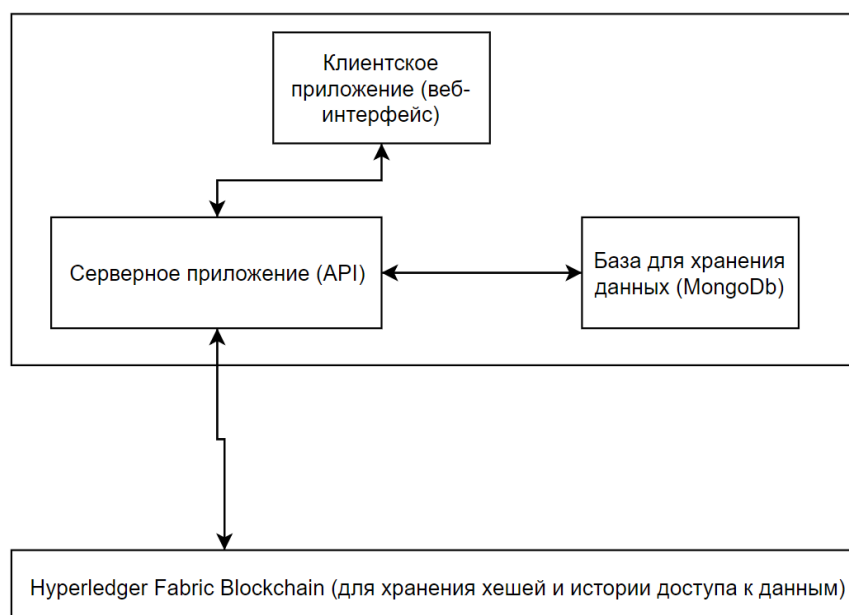


Рис 3. Архитектура узлов системы.

В качестве точек расширения остается возможность для регулирования доступа к данным по запросу с возможностью его отклонения, записи таких запросов, а также их результатов.

Таким образом, полученная система сочетает в себе такие положительные стороны блокчейна, как неизменяемость и децентрализация, простоту доступа к данным и проверку их подлинности. Помимо этого, организациям, уже имеющим сервер авторизации или свою базу активов, будет не сложно интегрироваться в систему, связывая did пользователя со своей базой пользователей. При этом отсутствует зависимость от публичных блокчейн-сетей и для всех данных и идентификаторов используются публичные стандарты, разрабатываемые консорциумом W3C.

Литература

1. Andries Van Humbeeck, The Blockchain-GDPR Paradox / Andries Van Humbeeck // Медиаплощадка Medium [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://medium.com/wearetheledger/the-blockchain-gdpr-paradox-fc51e663d047>
2. Gautam Dhameja, GDPR and CRAB—What’s the deal? / Gautam Dhameja // Медиаплощадка Medium [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://blog.bigchaindb.com/gdpr-and-crab-whats-the-deal-5c2f6b55d90>
3. Chaincode for Developers // Официальная документация Hyperledger Fabric [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/latest/chaincode4ade.html>
4. Verifiable Credentials Data Model // Официальная документация World Wide Web Consortium (W3C) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.w3.org/TR/verifiable-claims-data-model/>
5. Decentralized Identifiers (DIDs) // Официальная документация World Wide Web Consortium (W3C) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://w3c-ccg.github.io/did-spec/>

УДК 004.77

ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ КОМПОНЕНТОВ МЕХАТРОННОЙ СИСТЕМЫ С ШЕСТЬЮ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ

студент гр. 10309115 Дубовик А.В.

Научный руководитель - к.т.н., доцент Гулай А.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Манипуляционные роботы с дистанционным управлением преимущественно используются в экстремальных средах для выполнения работ в недоступных местах или опасных для здоровья условиях.

Способы дистанционного управления мехатронной системой. Внедрение мехатронных систем в современном производстве позволяет осуществить полную автоматизацию процессов. Управление такими системами бывает нескольких типов:

- Программное управление;
- Адаптивное управление;
- Интеллектуальное управление, основанное на программировании в области искусственного интеллекта;
- Управление человеком.

Структурная схема мехатронной системы с шестью степенями свободы. Для отображения принципа работы мехатронной системы с шестью степенями свободы

разрабатывается структурная схема. Структурная схема определяет основные компоненты системы и показывает их связи между собой.

Структурная схема мехатронной системы с шестью степенями свободы представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Структурная схема мехатронной системы с шестью степенями свободы.

В качестве платы в данной мехатронной системе использовалась ESP-WROOM-32. ESP32 обладает хорошей производительностью, вычислительной мощностью. Имеет 2 ядра, которые работают на частоте 160 МГц. ESP32 имеет 520 Кб ОЗУ и 448 Кб ПЗУ. Энергопотребление в режиме передачи Wi-Fi или Bluetooth 160–260 мА, без включенных Wi-Fi или Bluetooth – 20 мА. Рабочее напряжение от 2,2 В до 3,6 В.

Мобильный терминал с программным приложением. Управление мехатронной системой с шестью степенями свободы осуществляется при помощи мобильного терминала. В качестве мобильного терминала используется смартфон на операционной системе iOS с установленным программным приложением. Управление мехатронной системой осуществляется по радиоканалу связи Wi-Fi.

На основании принципа работы можно построить блок-схему алгоритма управления, приведенную на рисунке 2.

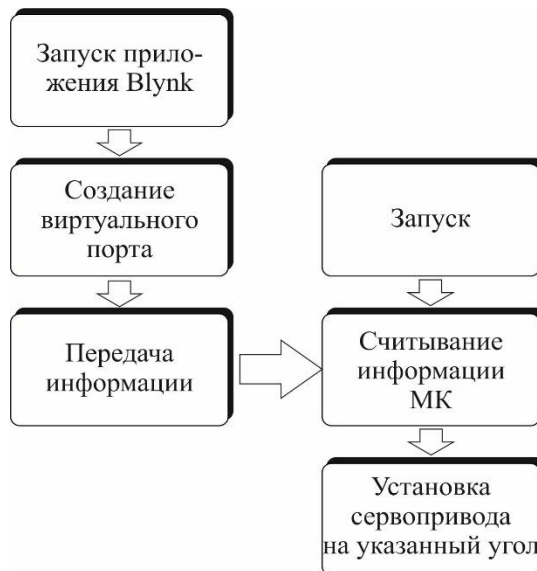


Рис. 2. Блок-схема алгоритма управления.

Выбор программного приложения в среде iOS для дистанционного управления мехатронной системой с шестью степенями свободы. Для дистанционного управления мехатронной системы с шестью степенями свободы было использовано приложение Vlynk.

Vlynk – это приложение под мобильное устройство на операционной системе Android или iOS, позволяющее создавать полнофункциональные приложения для связи их с устройствами на платформе Arduino, Raspberry Pi, ESP8266, ESP32 и совместимыми.

Этапы настройки управления микроконтроллера ESP32 при использовании приложения Vlynk:

1. Создание проект с названием «Manipulator».
 2. Добавление виджетов, настройка необходимых адресов выводов и параметров.
 3. Связывание смартфона с запрограммированным МК при помощи Wi-Fi.
 4. Переход из режима редактирования проекта в режим управления (кнопка Play).
- На рисунках 3 и 4 показан вид работы приложения.



Рис. 3. Настройка приложения.

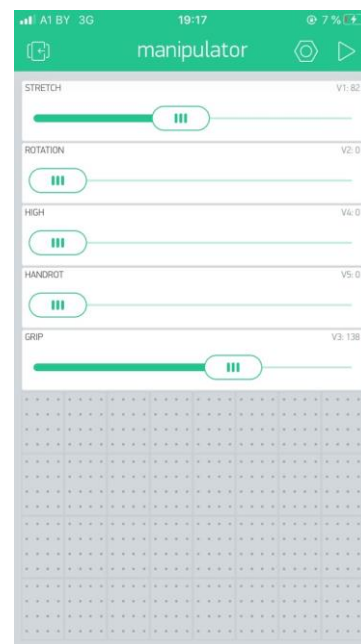


Рис. 4. Вид работы приложения.

Приложение Vlpnk целесообразно использовать для дистанционного управления компонентами мехатронной системы с шестью степенями свободы, так как через Vlpnk можно управлять оборудованием удаленно. Особенностями приложения Vlpnk является не только простота интеграции, но и возможность отображения данных датчика, хранение и визуализация данных.

Создание трехмерной модели в программном комплексе SolidWorks. Для создания трехмерной модели мехатронной системы был использован программный комплекс SolidWorks.

Готовая сборка мехатронной системы с шестью степенями свободы приведена на рисунке 5.

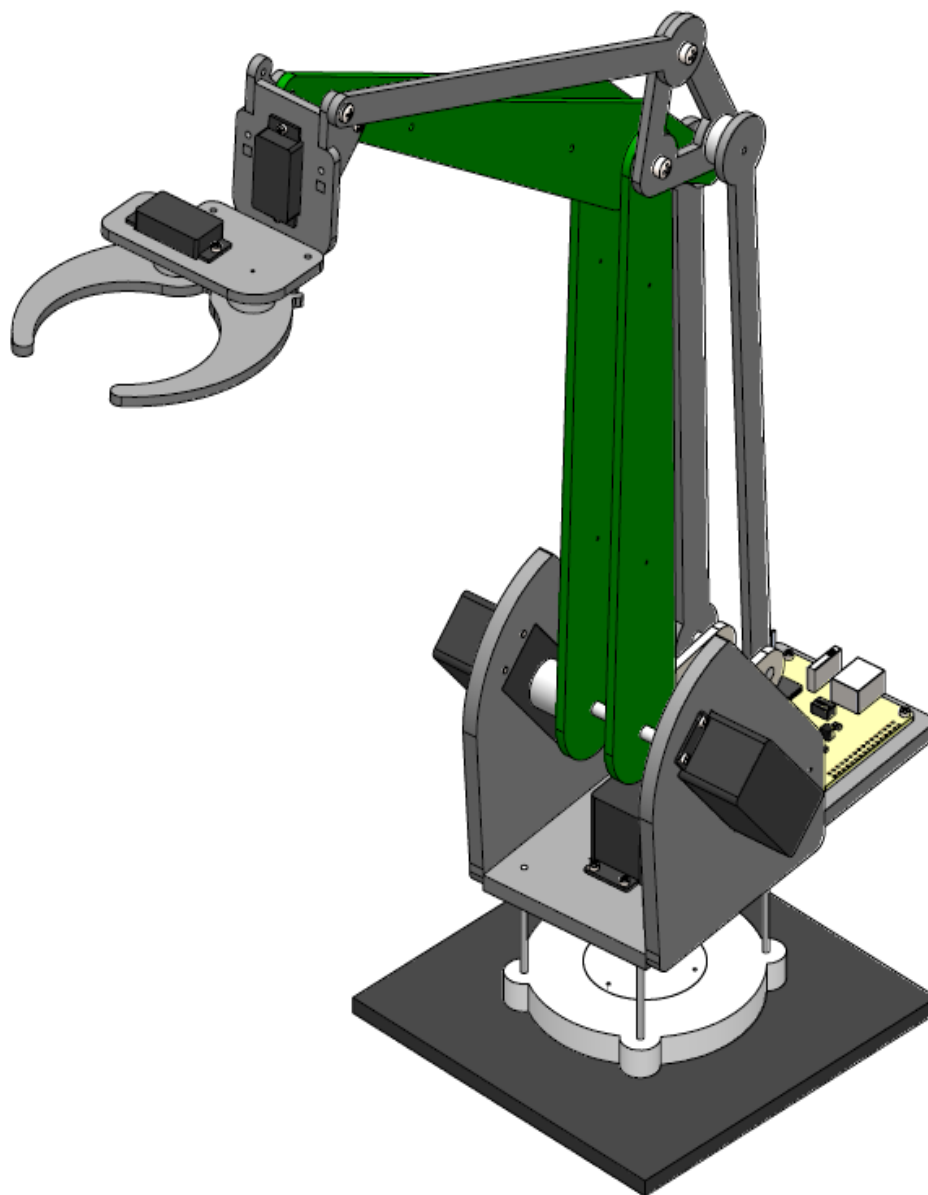
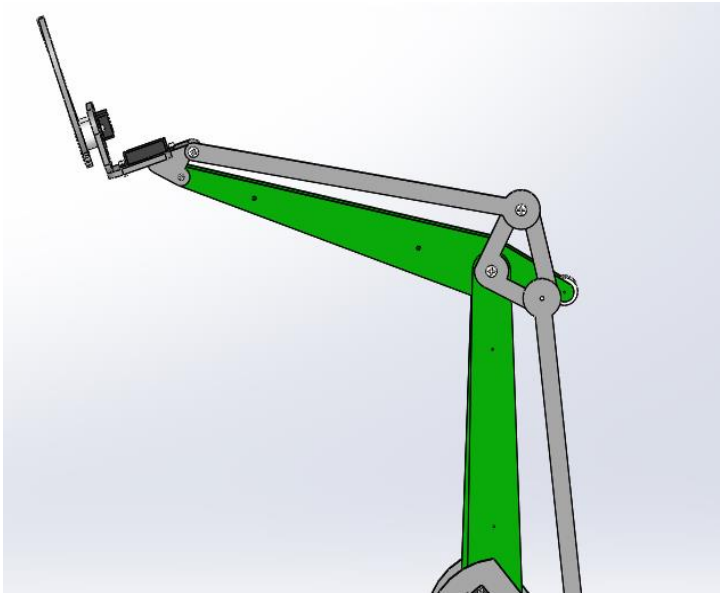
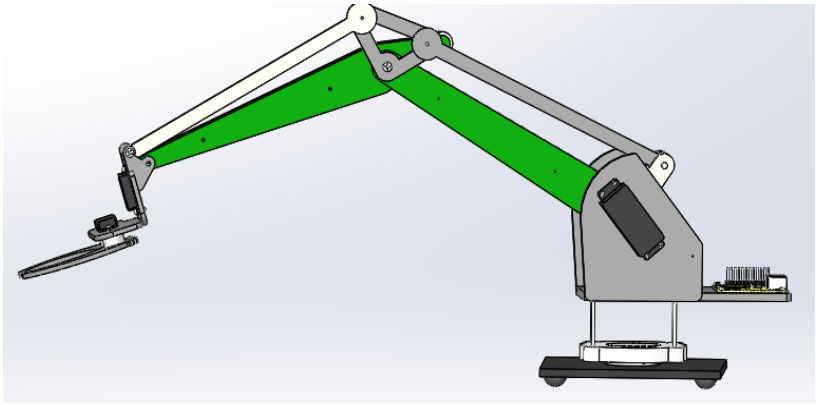
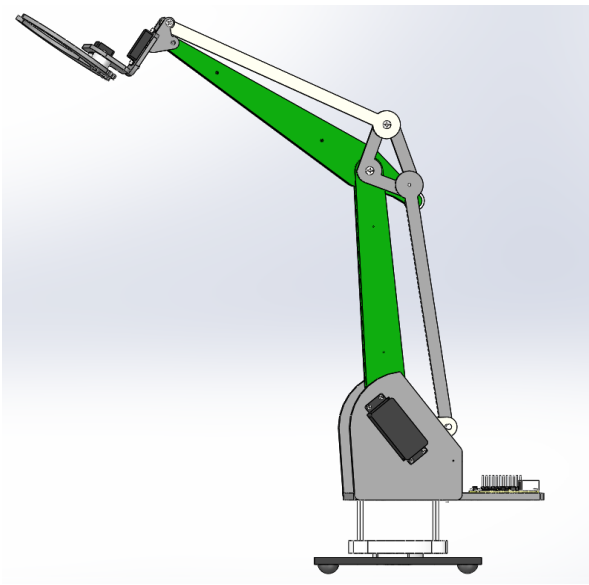


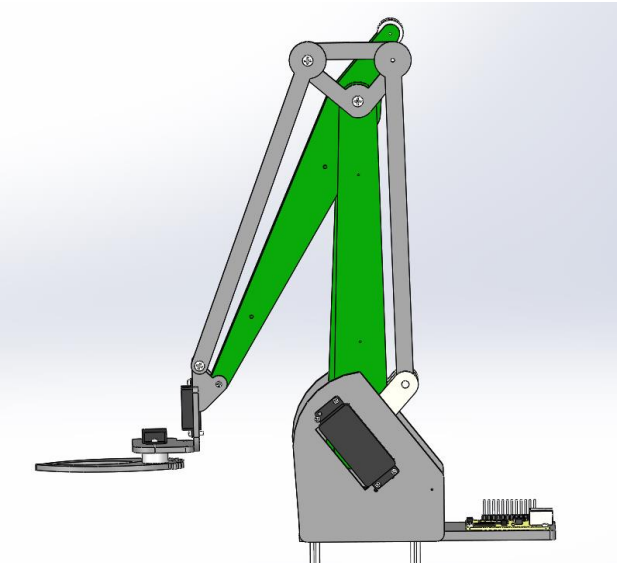
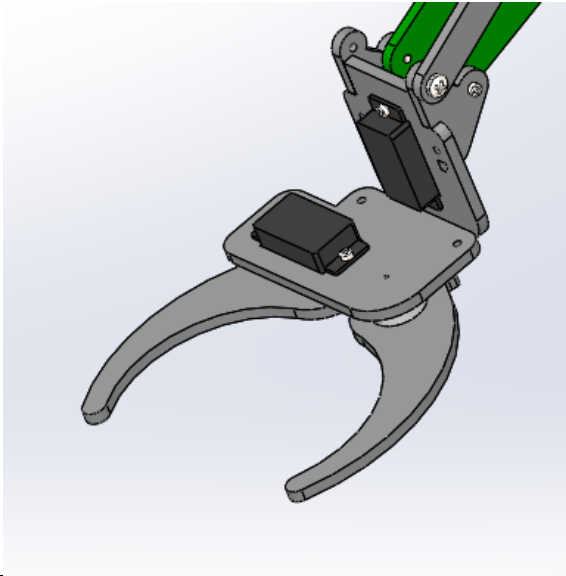
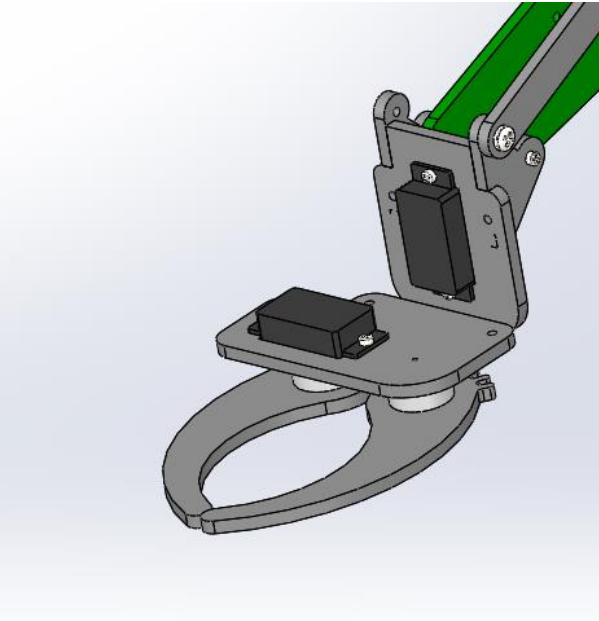
Рис. 5. Трехмерная модель мехатронной системы с шестью степенями свободы.

3D моделирование манипулятора с различными положениями звеньев приведено в таблице 1.

Таблица 1. Положение звеньев манипулятора.

Положение звеньев манипулятора	Описание положения манипулятора
	<p>Локоть в самом верхнем положении</p>
	<p>Локоть в самом нижнем положении</p>
	<p>Плечо с максимальным углом</p>

Продолжение таблицы 1.

	<p>Плечо с минимальным углом</p>
	<p>Клешня в разомкнутом виде</p>
	<p>Клешня в сомкнутом виде</p>

Литература

1. Пол Р. Моделирование, планирование траекторий и управление движением робота – манипулятора - М.: Наука, 2000. — 104 с.
2. Motors for Makers: A Guide to Steppers, Servos, and Other Electrical Machines. — Matthew Scarpino, 2018

УДК 004.77

ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ДИСТАНЦИОННЫМ И АВТОНОМНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

студент гр. 10309115 Козлов Ю.В.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Миронов Д.Н.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Существует множество видов мобильных роботов: на гусеничном и колёсном шасси (рисунок 1 и рисунок 2), шагающие (рисунок 3), летающие, автономные и управляемые, но у всех их есть общие принципы построения и создания.



Рис. 1. Колёсное шасси. Рис. 2. Гусеничное шасси. Рис. 3. Шагающий робот.

Изначально нужно определиться с тем, какое устройство будет собираться и какие цели оно должно выполнять. Это может быть слежение за линией или светом, дистанционное управление либо же возможность выбора работы устройства.

После того, как определились с концептом, необходимо подобрать комплектующие, с помощью которых будет реализовано данное устройство. Главные составляющие устройств:

- Управляющий микроконтроллер (рисунок 4), который принимает и обрабатывает основную информацию, а в дальнейшем отправляет сигналы на механическую часть;
- Система датчиков (рисунок 5), которые используются для функционирования устройства в автономном режиме;
- Механическая часть, которая представляет собой элементы конструкции и приводы.



Рис. 4. Микроконтроллер.



Рис.5. Датчик.

После того, как известны все компоненты будущего устройства, необходимо спроектировать его, с помощью специализированного программного обеспечения (рисунок 6, рисунок 7). Для данных целей подходят SolidWorks, Компас-3D и подобные им программы.

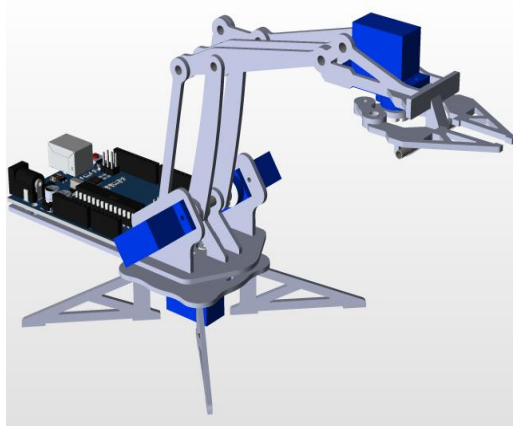


Рис. 6. Манипулятор.

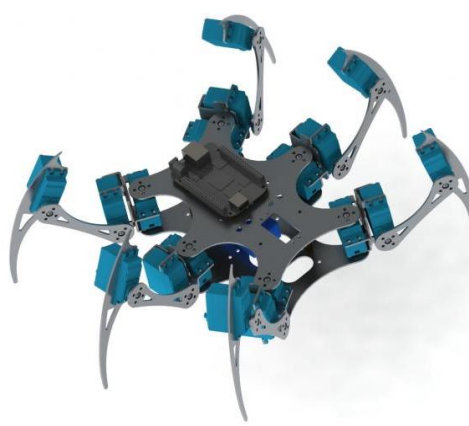


Рис.7. Шестиногий паук – гексапод.

После подбора компонентов и проектирования устройства, необходимо написать программный код, который будет всем управлять. В зависимости от выбранного микроконтроллера используют подходящую для него программу. Для микроконтроллеров AVR используют Code Vision (рисунок 9) либо же Arduino IDE (рисунок 8), для микроконтроллеров ARM подходит Code Blocks.

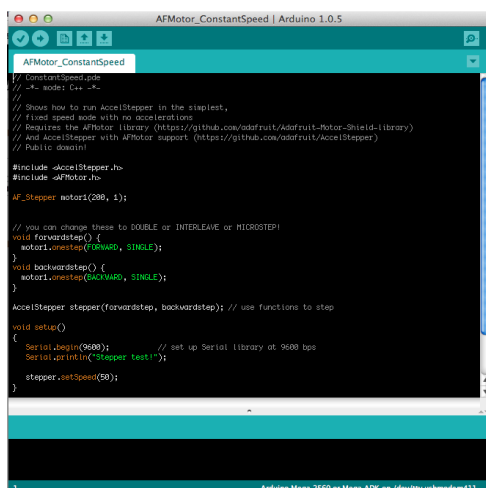


Рис. 8. Arduino IDE.

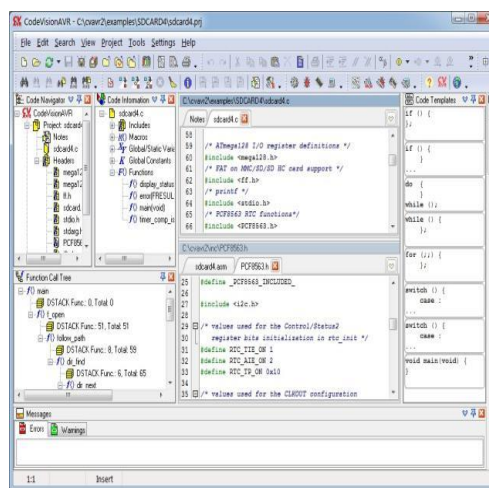


Рис.9. Code Vision.

После написания кода, создания корпуса и сбора устройства, наступает черед отладки (рисунок 10). На этом этапе устраняются все недочёты, которые могли возникнуть в ходе создания устройства.

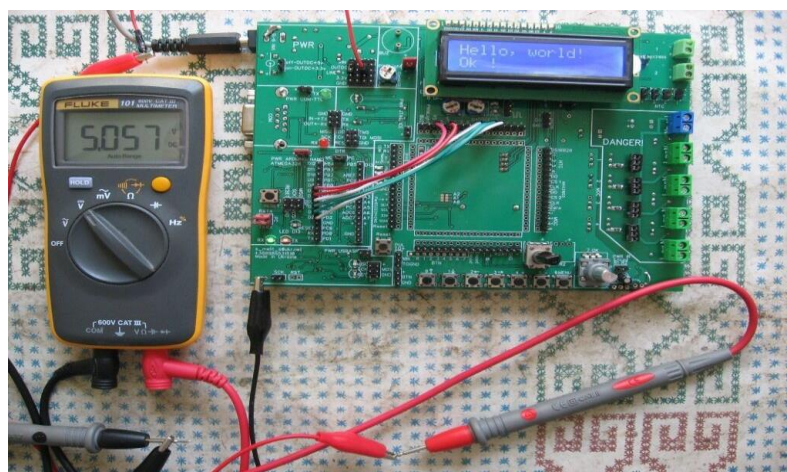
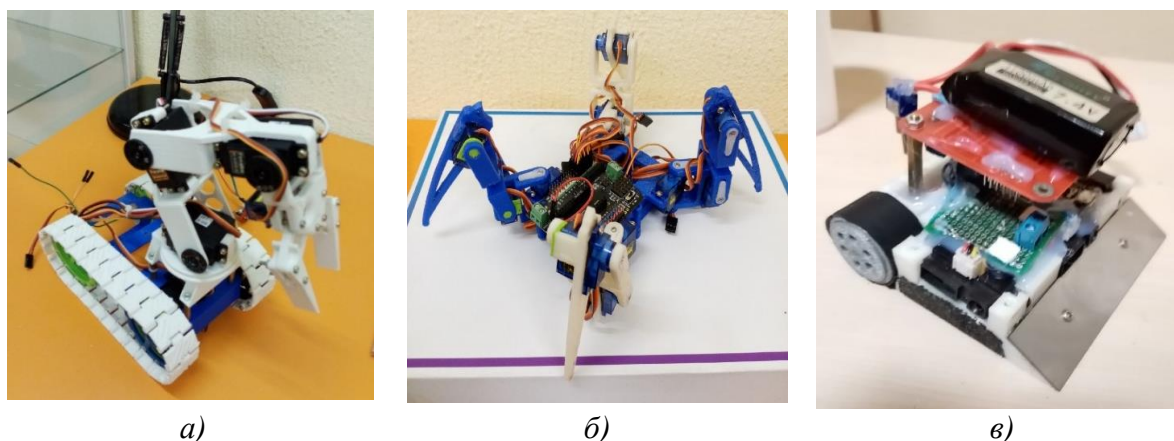


Рис. 10. Отладка.

Все опытные образцы (рисунок 11) в дальнейшем можно дорабатывать и изменять, в зависимости от того, какая задача будет им поставлена.



а)

б)

в)

Рис. 11. Опытные образцы.

УДК 004.77

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОРИЕНТАЦИИ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ

студент гр. 10307116 Буденкова А.В.

Научный руководитель – ст. преподаватель Костюк И.Р.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Введение

Исчерпаемость традиционных энергетических ресурсов на фоне растущего спроса на электроэнергию определяет перспективы использования возобновляемых источников энергии, таких как: ветер, солнечной излучение, энергия приливов и отливов и т.д. Использование возобновляемых источников энергии позволяет свести к минимуму угрозу, связанную с добычей и использованием невозобновляемых полезных

ископаемых в энергетике, а также снизить вредное воздействие традиционной энергетики на окружающую среду и климат. Солнечная энергия относится к возобновляемым источникам энергии.

1 Солнечная электростанция.

Солнечная электростанция — это инженерное сооружение, которое служит для преобразования солнечной энергии (радиации, излучения, света) в полезную электрическую энергию. Солнечные электростанции достаточно инновационное оборудование. Они составлены из большого количества элементов, где главный элемент – это солнечная батарея. Современные способы преобразования солнечной энергии самые разные и зависят от конструкции той или иной СЭС.

Солнечные электростанции могут быть, как и промышленными, которые занимают большие площади и вырабатывают большое количество электроэнергии (Рисунок 1), так и небольшими, например, в пределах дачного участка (Рисунок 2).



Рис. 1. Промышленная СЭС.



Рис. 2. «Домашняя» СЭС.

Важную роль играет освещенность, так как что бы получить максимальную электроэнергию, нужно что бы солнечные лучи падали перпендикулярно солнечным панелям. Электрические станции могут быть статическими, например, крепится на крыше домов (Рисунок 1) и динамическими, то есть солнечная панель движется в след за солнцем. Динамические СЭС можно назвать так же солнечным трекером (Рисунок 3).



Рис. 3. Солнечный трекер.

Освещённость — световая величина, равная отношению светового потока, падающего на малый участок поверхности, к его площади и определяется формулой:

$$E = \frac{d\Phi}{dS}, \text{ лк} \quad (1)$$

где Φ – световой поток в люменах, S – площадь освещаемой поверхностью.

Если принять Солнце за точечный источник, то освещенность будет равна:

$$E = \frac{I}{r^2} \cos\varphi, \text{ лк} \quad (2)$$

где I — сила света в канделах, r — расстояние до источника света; φ — угол падения лучей света относительно нормали к поверхности.

Максимальная освещенность исходя из формулы (2) будет достигаться при $\varphi = 90$, так как $\cos 90 = 1$.

В отличие от простых солнечных панелей, которые крепятся на крыше домов, солнечный трекер имеет ряд достоинств:

- КПД солнечных панелей возрастает на 40 - 45%. Увеличение достигается за счет того, что наиболее эффективная работа панелей происходит, когда солнечные лучи падают под углом 90° на фотоэлементы панели;
- За счет установки трекера КПД солнечных панелей значительно повышается, количество вырабатываемой электрической энергии увеличивается;
- В связи с увеличением производительности отдельно взятой панели, отпадает необходимость в установке дополнительных панелей, что в свою очередь, снижает стоимость всего комплекта солнечной электростанции.

Из этого следует, что солнечный трекер – это комплексная система, которая отслеживает местоположение солнца. Для того, чтобы выполнить эту задачу, трекер должен выполнить следующие функции:

- Определить месторасположение солнца, относительно солнечной панели;
- Выполнить перемещение солнечной панели, в положение, в котором поглощение солнечных лучей будет максимальным.

На сегодняшний день солнечные батареи состояются из ряда фотоэлементов, которые являются полупроводниковыми устройствами и в момент получения солнечного света превращают солнечную энергию в электроэнергию. Сам процесс преобразования принято называть фотоэлектрическим эффектом.

Солнечные станции имеют ряд преимуществ и принцип их действия направлен на получение электроэнергии:

- Экологически чистой;
- Бесплатной;
- Работают от восхода солнца до его заката;
- Не требует специального обслуживания;
- Достаточно стабильны;
- Большой срок службы.

2 Принцип работы солнечной панели.

Физический принцип работы фотоэлемента заключается в явлении внутреннего фотоэффекта, когда электроны полупроводника, поглощая фотоны внешнего излучения, становятся свободными и под действием внешнего электрического поля (приложенной к фотоэлементу разности потенциалов) образуют электрический ток. Полупроводники достаточно распространены в природе, это химические элементы германий, кремний, теллур, селен, мышьяк, оксиды металлов, сульфиды. Одним из самых распространенных в природе и эффективных полупроводников является кристаллический кремний, из этого элемента производится более 90% всех солнечных панелей. Фотоэлектрическая ячейка состоит из двух полупроводниковых пластин с различными типами проводимости: например, в верхней пластине присутствует избыток электронов n-проводник, в нижней недостаток электронов p-проводник (Рисунок 4). Таким образом между двумя пластинами образуется так называемый p-n переход. В результате фотоэффекта свободные высокоэнергетичные электроны верхней пластины начинают перемещаться в направлении второй пластины с недостатком электронов.

К каждой пластине подсоединяются проводники, замыкающие цепь. Солнечная панель состоит из множества фотоэлектрических ячеек, скрепленных между собой и закрепленных на основании - подложке, которая может быть как гибкой, так и жесткой.

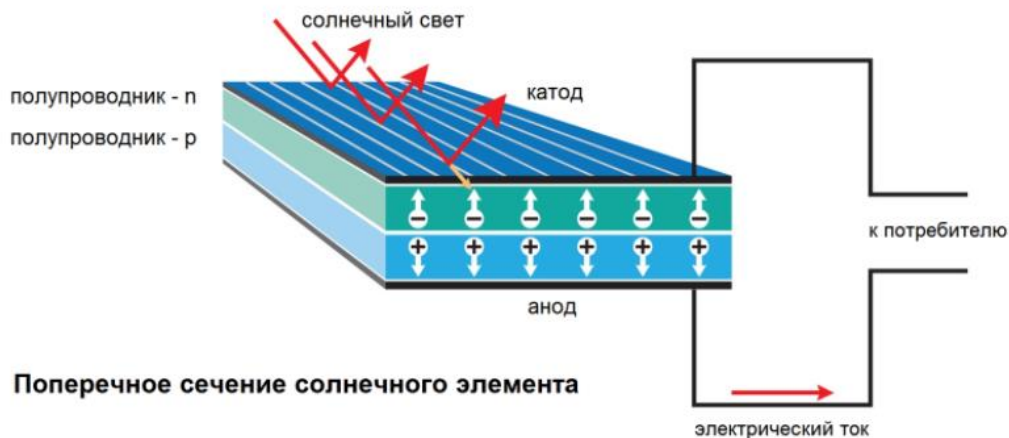


Рис. 4. Фотоэлемент.

3 Оптико-электронная сенсорная система для автоматической ориентации солнечных панелей.

В данной работе разработана оптико-электронная сенсорная система для автоматической ориентации солнечных батарей на основе платы «Arduino». Принцип работы заключается в том, чтобы солнечная батарея автоматически поворачивалась к солнцу так, чтобы солнечные лучи максимально перпендикулярно падали на солнечную панель.

Проектируемая система имеет две степени свободы и состоит из следующих компонентов:

- Arduino nano;
- Солнечная панель;
- Фотосенсоры x4;
- Аккумулятор 18650 3,7В x2;
- Кронштейн;
- Сервопривод x2.

Структурная схема отображена на рисунке 5. К плате Arduino подключаются четыре фотосенсора (фоторезисторы), которые передают значения освещенности на данную плату. После того как сенсоры передали информацию, контроллер дает команду серводвигателям, которые поворачивают солнечную батарею с помощью кронштейна в максимально освещенную сторону. Получаемая энергия с солнечной батареи поступает на аккумулятор, который питает эту же систему.

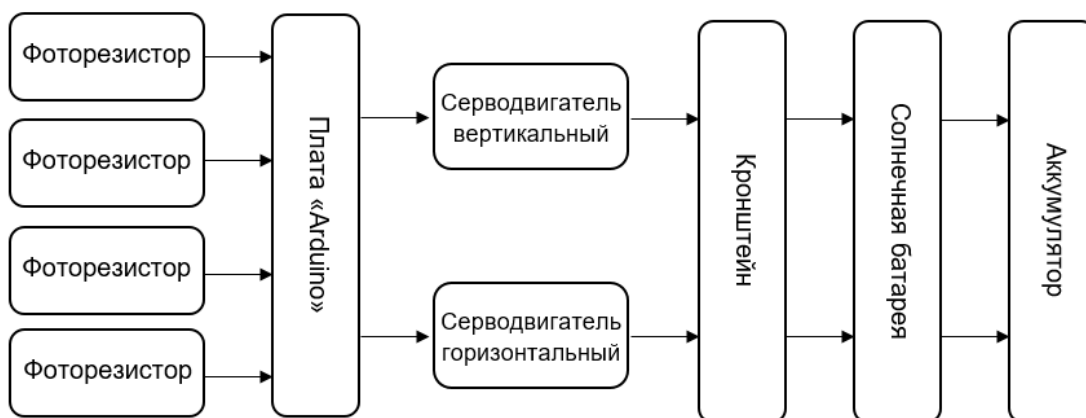


Рис. 5. Структурная схема.

Оптико-электронная сенсорная система для автоматической ориентации солнечных батарей представлена на рисунке 6.

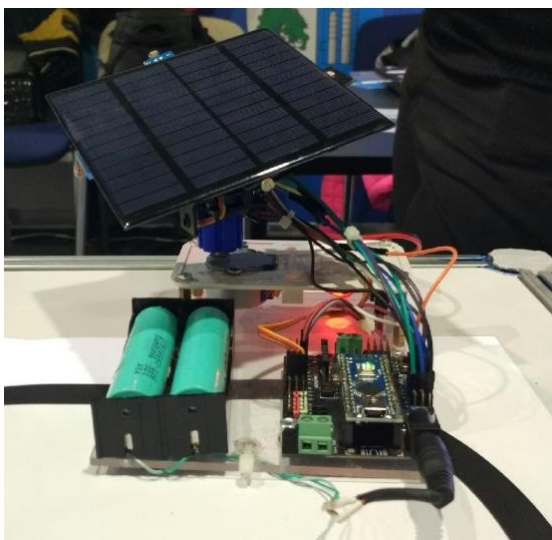


Рис. 6. Оптико-электронная сенсорная система для автоматической ориентации солнечных батарей.

Литература

1. Петин В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino. — СПб.: БХВ-Петербург, 2014. — 400 с.: ил. — (Электроника).

УДК 621.382

СИСТЕМА ЛОКАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ВНУТРИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ, АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ

магистрант Селин К.Ю.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Гулай А.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Система локального позиционирования - это навигационная система, которая предоставляет информацию о местоположении объекта с высокой степенью точности (до одного метра) и отказоустойчивости в ограниченной зоне покрытия.

На данный момент системы локального позиционирования являются наиболее быстроразвивающейся ветвью систем позиционирования.

В настоящее время наибольшее распространение получили системы локального позиционирования в области позиционирования внутри помещений, например, метро, офисы, торговые центры, больницы, шахты и т.д. То есть в местах, где системы глобального позиционирования не позволяют получить достоверную информацию о местоположении объекта.

Роль стационарных устройств, относительно которых вычисляется местоположение объекта в системе локального позиционирования, берут на себя стационарные устройства (анкеры), как правило, подключенные к удаленному серверу. Большинство современных систем локального позиционирования имеют собственный клиентский сегмент устройств (теги). Данные устройства служат в качестве объекта, информацию о местоположении, которого необходимо вычислить. «Тегом» может быть

мобильное устройство с составленным под задачу определения местоположения ПО (рисунок 1).

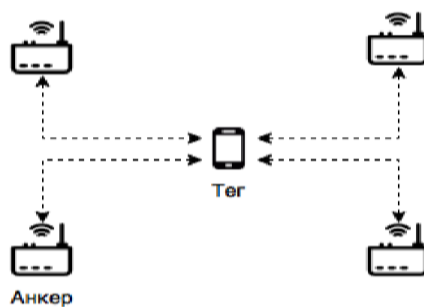


Рис. 1. Определение местоположения в системах локального позиционирования.

Существует два основных потока данных, с которыми взаимодействует ПО, это:

- данные локации мобильного устройства;
- информация о списке мобильных устройств, зарегистрированных на сервере позиционирования.

Данные местоположения необходимы для получения информации о местоположении устройства. Частота обновления локации зависит от потребности пользователя и настраивается им при помощи графического интерфейса. Также, при помощи интерфейса передаются данные о сервере и отслеживаемом устройстве.

Основные виды технологий систем локального позиционирования:

- радиочастотные технологии позиционирования;
- технологии инерциального позиционирования;
- технологии инфракрасного и ультразвукового позиционирования.

Для нахождения местоположения объекта, используют целый ряд технических средств и математически-программных способов, каждый из которых имеет свою погрешность определения местоположения.

Все данные о местоположении объекта перенаправляются с модуля взаимодействия с сервером на модуль обработки данных (рисунок 2). Данный модуль распаковывает данные, полученные с сервера локации, и подготавливает их к дальнейшей обработке. Также данный модуль отвечает за проверку валидации данных и соответствие данных ряду критериев. В случае если сервер локации присылает не валидные, с точки зрения приложения, данные о локации, происходит генерация исключения, после чего приложение завершает свою работу.

После прохождения валидации данных происходит предварительная оценка точности полученных геоданных. Так как системы локального позиционирования являются высокоточными системами определения местоположения, то их использование за пределом определенного уровня точности не имеет смысла. Точность данных определяется модулем в момент обработки данных о времени последней локации и точности измерения.



Рис. 2. Модуль обработки данных.

СОДЕРЖАНИЕ

Анализ технологии OCR распознавания текста на изображениях Шакун В.А. <i>Научный руководитель - Ролич О.Ч.</i>	3
Восстановление искаженных изображений в технических системах обработки информации Скурко И.А. <i>Научные руководители - Ролич О.Ч.</i>	9
Анализ звуковой информации с помощью спектрограмм Маскалик Д.Д., Шепелевич М.М. <i>Научный руководитель – Ролич О.Ч.</i>	11
Программа корреляционного анализа одномерных массивов данных Каменко А.О. <i>Научный руководитель – Ролич О.Ч.</i>	13
Алгоритм декодирования пакетов интерфейса IrDA Лизунова В.О. <i>Научный руководитель – Ролич О.Ч.</i>	15
Спектральный анализ векторных изображений Якшук А.Г. <i>Научный руководитель – Ролич О.Ч.</i>	18
Математическое обоснование алгоритма быстрого дискретного косинусного преобразования Соловьёва А.В., Гаврилова В.В. <i>Научный руководитель – Ролич О.Ч.</i>	20
Система автоматического управления движением шагающего робота в автономном режиме Романова Н.Р. <i>Научный руководитель – Гулай А.В.</i>	23
Применение статистических методов анализа одномерных массивов данных Шухта Е.В. <i>Научный руководитель – Ролич О.Ч.</i>	29
Система локального позиционирования в промышленных помещениях Жарский В.В. <i>Научный руководитель – Гулай А.В.</i>	30
Акустическая сенсорная система измерения расстояния на платформе Arduino и LabVIEW Бакач Д.А. <i>Научный руководитель – Польшкова Е.В.</i>	32
Управление сервоприводами на платформе Arduino и LabVIEW Рудов В.А. <i>Научный руководитель – Польшкова Е.В.</i>	34
Кодовое разделение каналов передачи информации между компонентами интеллектуальной системы Гомма М.А. <i>Научный руководитель – Зайцев В.М.</i>	36

Вибрационный контроль и диагностика технологического оборудования Куличик О.А. <i>Научный руководитель - Зайцев В.М.</i>	38
Информативность цветowych компонент изображений в системах сжатия информации Автушко К.В. <i>Научный руководитель – Садов В.С.</i>	43
Оценка качества стеганографического встраивания сообщения в аудиоконтейнеры методом анализа шума Дисман Е.В. <i>Научный руководитель - Садов В.С.</i>	45
Математическая модель процесса определения эмоций по изображению лица Курицкий В.Ю. <i>Научный руководитель - Садов В.С.</i>	47
Незрячие люди могут ориентироваться даже в метрополитене Маскалик С.Д. <i>Научный руководитель – Щетько Н.Н.</i>	52
Радар высокого разрешения Василькевич Ф.В. <i>Научный руководитель – Костюк И.Р.</i>	55
Определение порога модификации яркости пикселя в методе Куттера-Джордена-Боссена для различных изображений Сорока В.Б. <i>Научный руководитель - Садов В.С.</i>	57
Разработка омниканального контакт-центра с функционалом корректировки диалога клиента с виртуальным ассистентом Ясницкий С.В. <i>Научный руководитель - Садов В.С.</i>	63
Автоматизация решения транспортных задач с помощью электронных таблиц Шункевич Е.А. <i>Научный руководитель – Романюк Г.Э.</i>	64
Дистанционное управление движением компонентов мехатронной системы с шестью степенями свободы Дубовик А.В. <i>Научный руководитель - Гулай А.В.</i>	67
Принципы создания мобильных робототехнических систем с дистанционным и автономным управлением Козлов Ю.В. <i>Научный руководитель – Миронов Д.Н.</i>	73
Оптико-электронная сенсорная система для автоматической ориентации солнечных панелей Буденкова А.В. <i>Научный руководитель – Костюк И.Р.</i>	75

**Система локального позиционирования внутри промышленных объектов.
Основные принципы, архитектура системы**

Селин К.Ю.

Научный руководитель – Гулай А.В. 79