

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Интеллектуальные и мехатронные системы»

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ, СЕНСОРНЫЕ И МЕХАТРОННЫЕ СИСТЕМЫ-2021

Сборник научных трудов

(по материалам студенческих научно-технических конференций)

М и н с к
Б Н Т У
2 0 2 1

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

Составитель:
А.В. Подгорная

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

© Белорусский национальный
технический университет, 2021

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКВАЛИЗАЦИИ ГИСТОГРАММ В ПРЕОБРАЗОВАНИИ МАССИВОВ ДАННЫХ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ

студент гр. 713801 Беляк А. А.

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

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

В задачах генерирования случайных массивов с заданным законом распределения скорость работы алгоритма и степень случайности элементов во многом зависят от первичного источника данных. Практически таковыми источниками могут выступать различные сенсоры, которые несут в себе как природную случайность, так и экспериментальную. Но гистограмма распределения их массивов, как правило, не соответствуют заданному закону.

Один из способов быстрой генерации случайной последовательности с заданным законом распределения основан на операции эквализации гистограммы исходного массива первичного датчика. Но и в этом случае приходится решать задачу оптимизации, связанную как с возможным сохранением информативности сигнала, так и с требованием стационарности генератора.

Требование стационарности генератора случайных массивов вследствие вынужденной перегруппировки его элементов изменяет форму и спектр сигнала первичного датчика, как правило, снижая при этом его информативность.

Данная работа посвящена анализу эквализованных сигналов нестационарных процессов с целью построения на её основе генератора случайных чисел с заданным законом распределения. В качестве сигнала нестационарного процесса выбирается полутоновое изображение типа «пейзаж» (например, на рисунке 1, (а)) как кадр видеосенсора с ожидаемым явно неравномерным распределением яркости, а в качестве заданного закона распределения – закон «степени 2/3».



Рис 1. Полутоновое исходное (а) и после эквализации (б) изображение типа «пейзаж».

Изображения типа «пейзаж» характеризуются широким спектром частот и размахом уровней яркости, а также сплошной гистограммой плотности распределения яркости во всём её допустимом диапазоне [1]. Это упрощает работу генератора случайной последовательности, повышая его быстродействие, и не требуя этапа дополнительного выравнивания, заключающегося в заполнении пробелов между соседними элементами гистограммы плотности распределения яркости и её приведении к сплошному виду.

Принимая полутоновое изображение (кадра видеосенсора) в качестве исходного

двухмерного массива, последующий анализ проводится на одномерном массиве-контейнере достаточно большой длины. Одномерный массив-контейнер получается из исходной матрицы изображения-кадра по принципу представления двухмерного массива в памяти процессора, т.е. в порядке увеличения номера строки, а именно, последовательно от первого элемента первой строки до последнего элемента последней строки. Одномерный сигнал в виде массива-контейнера для исходного изображения рисунка 1, (а), графически представлен на рисунке 2, (а).

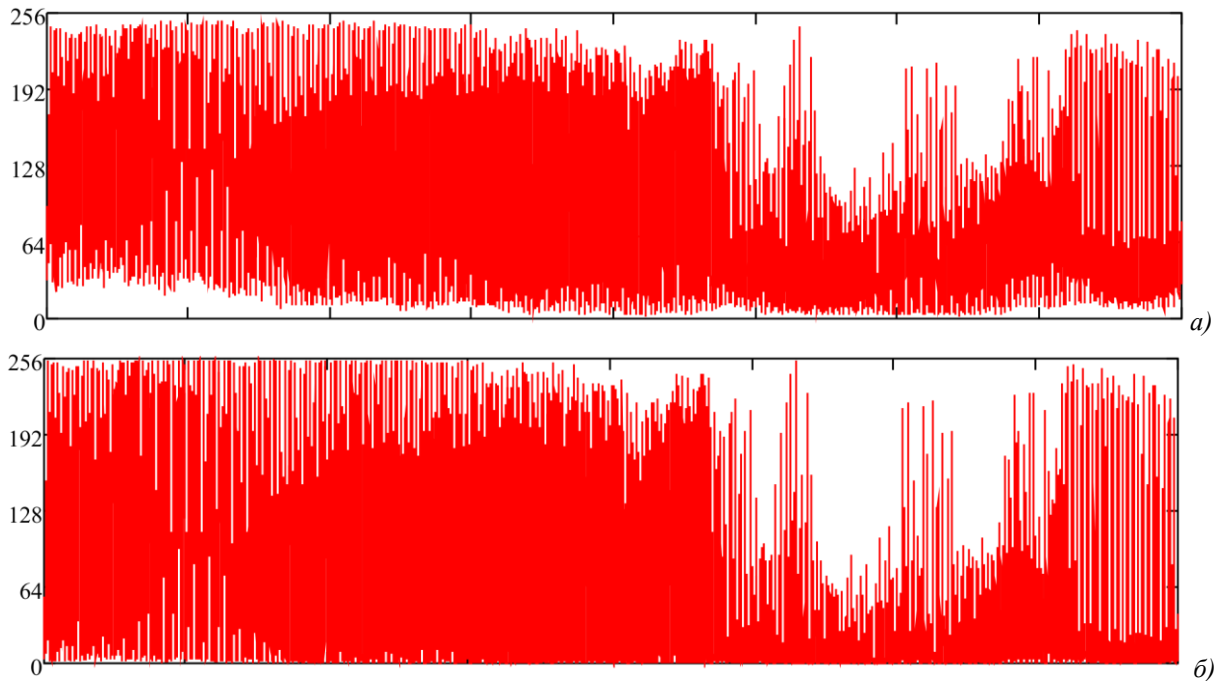


Рис 2. Одномерный исходный (а) и после эквализации (б) сигналы сенсора.

Из рисунка 2, (а) видно, что исходный одномерный сигнал представляет нестационарный процесс с изменяющимися во времени амплитудами составляющих его гармоник, а также плотностью и размахом локальных колебаний. Факт нестационарности процесса подтверждает спектрограмма на рисунке 3, (а) и двумерная гистограмма плотности уровней квантования на рисунке 4, (а), отражающая изменение классической одномерной гистограммы плотности во времени.

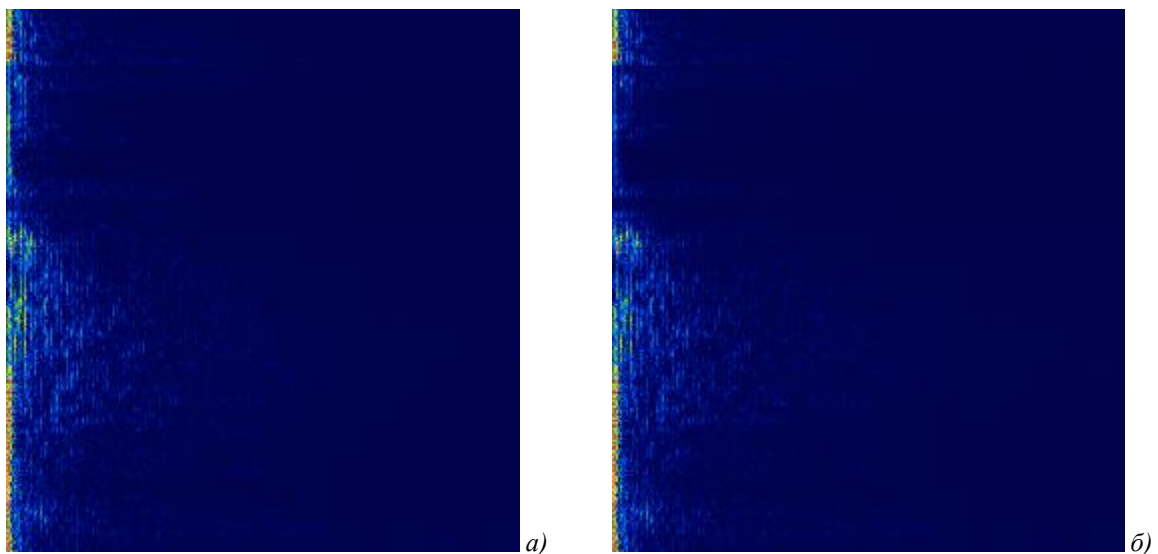


Рис 3. Спектрограмма исходного контейнера (а) и после эквализации (б).

На двумерной гистограмме наиболее ярким образом выделены точки энергетических центров как моментов первого порядка для одномерных гистограмм каждой строки. Так как аппроксимирующая кривая множества этих точек, очевидно, не является вертикальной прямой, рассматриваемый процесс явно нестационарный.

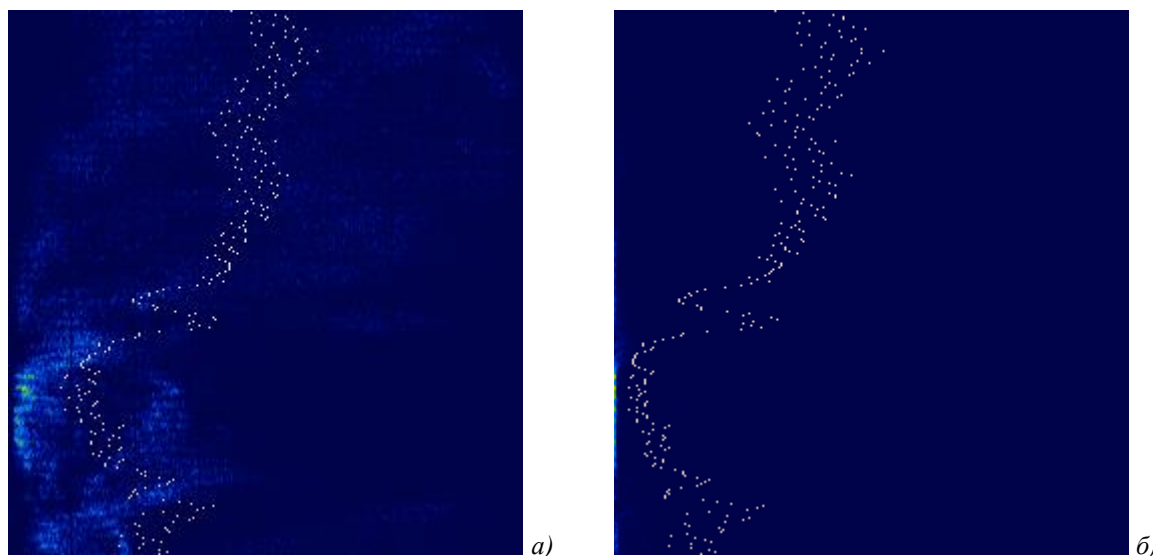


Рис 4. Двухмерная гистограмма исходного контейнера (а) и после эквализации (б).

В представленных изображениях спектрограмм и двумерных гистограмм ось времени направлена сверху вниз, а ось частоты на спектрограммах рисунка 3, как и ось уровня квантования на гистограммах рисунка 4 – слева направо.

Операция эквализации основывается на преобразовании значений элементов исходного сигнального массива в соответствии с характеристикой передачи уровней, в которой фигурирует функция вероятности [2, 3].

Так, для эквализации «степени 2/3» с функцией распределения

$$W_g(g) = \frac{1}{3} \cdot \frac{g^{-\frac{2}{3}}}{g_{\max}^{\frac{1}{3}} - g_{\min}^{\frac{1}{3}}}$$

характеристика передачи уровней записывается в виде:

$$g(f) = \left(F_f(f) \cdot \left(g_{\max}^{\frac{1}{3}} - g_{\min}^{\frac{1}{3}} \right) + g_{\min}^{\frac{1}{3}} \right)^3, \quad (1)$$

где f и g – значение элемента исходного и эквализованного массива соответственно, g_{\min} и g_{\max} – минимальное и максимальное значения эквализованного массива (в контексте изображений для цветового формата $RGB888$ $g_{\min} = 0$, $g_{\max} = 255$), $F_f(f)$ – функция вероятности исходного сигнала.

Согласно формуле (1), для эквализации исходного сигнального массива необходимо вычислить гистограмму вероятности, которая, в свою очередь, строится на базе гистограммы плотности распределения уровней квантования. На рисунке 5 изображены нормированная гистограмма плотности анализируемого исходного массива с соответствующим графическим представлением на рисунке 2, (а) и гистограмма вероятности, используемая в формуле (1).

Результат эквализации «степени 2/3» для исходного сигнала сенсора рисунка 2, (а) показан на рисунке 2, (б). Рисунок 6 позволяет визуально сравнить эти сигналы путём их совмещения и отображения на одном графике. Исходя из рисунка 6, следует отметить

заметное увеличение локального размаха сигнала в одних местах и снижения в других. Общая информативность эквализованного изображения (см. рисунок 1, (б)), соответствующего сигналу 2, (б), осталась неизменной – по крайней мере, не изменились тип изображения, его целостность и общие контуры.

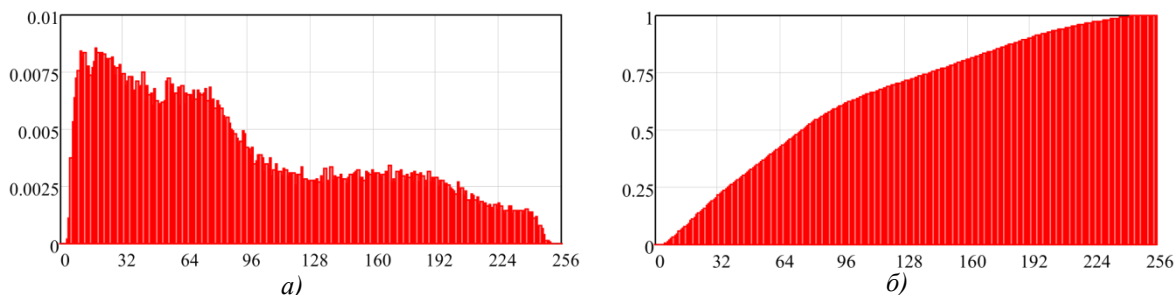


Рис 5. Нормированная одномерная гистограмма плотности (а) и вероятности (б) для исходного сигнала сенсора.

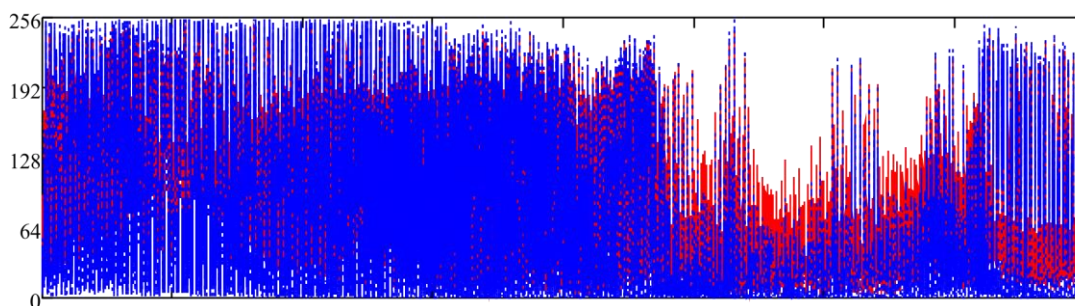


Рис 6. Сравнительная картина сигналов до и после эквализации.

Гистограммы плотности и вероятности эквализованного изображения типа «пейзаж», показанные на рисунках 7, (а) и 7, (б), в значительной степени совпадают с соответствующими расчётными кривыми плотности распределения и вероятности для функции распределения «степени 2/3». При этом, несмотря на заметное отличие гистограмм плотности распределения уровней квантования исходного сигнала рисунка 5, (а) и эквализованного на рисунке 7, (а), информативность сигнала остаётся неизменной. Это отмечалось ранее путём визуального сравнения исходного и эквализованного изображений на рисунках 1, (а) и 1, (б).

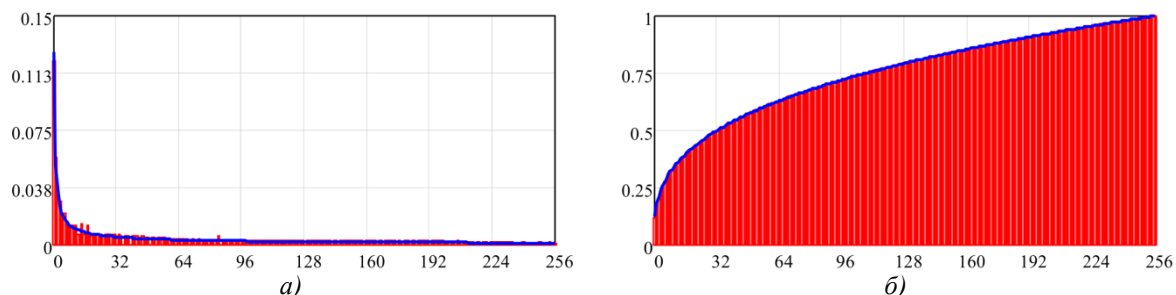


Рис 7. Гистограмма плотности (а) и вероятности (б) после эквализации с эталонными огибающими для распределения «степени 2/3».

Сделать вывод о степени случайности процесса до и после эквализации визуальным способом, посредством анализа сравнительной картины на рисунке 6, достаточно сложно. Поэтому, оценка степени случайности осуществляется путём вычисления уровня высокочастотной составляющей в спектре сигнала.

Спектрограмма эквализованного сигнала представлена на рисунке 3, (б). Визуально она схожа со спектрограммой на рисунке 3, (а) исходного сигнала, и очевидных

отличий не имеет. Однако в области высокочастотной составляющей амплитудно-частотной характеристики проявляется пропорциональное увеличение амплитуд эквализованного сигнала, что отражено на рисунке 8, (а). Это означает повышение колебательности результирующего сигнала и случайности соответствующей числовой последовательности.

Двухмерная гистограмма эквализованного сигнала, изображённая на рисунке 4, (б), имеет визуальные отличия от двухмерной гистограммы исходного сигнала рисунка 4, (а). Но форма кривых, соединяющих точки энергетических центров для одномерных гистограмм каждой строки, и определяющая степень нестационарности процесса, в обоих случаях двухмерных гистограмм очень похожа (см. рисунок 8, (б)). Степень схожести кривых, оцениваемая коэффициентом корреляции, равна 0,988. Это значение близко к единице, что свидетельствует о практической неизменности характера нестационарности процесса после эквализации соответствующего массива.

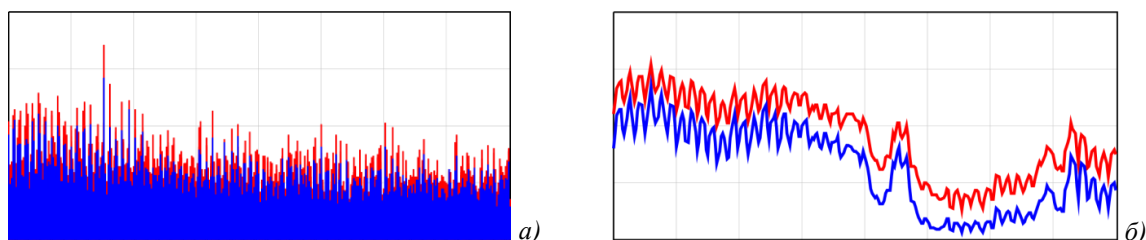


Рис 8. Высокочастотная область совмещённых амплитудно-частотных характеристик сигналов (а) и кривые энергоцентров двухмерных гистограмм (б) до и после эквализации.

Коэффициент корреляции амплитудно-частотных характеристик сигнала до и после эквализации равен 0,976, что также близко к единице и свидетельствует о практической неизменности характера нестационарности процесса.

Итак, на разобранный пример изображения типа «пейзаж» как сигнала нестационарного процесса исследовано действие операции эквализации «степени 2/3». Проанализировано изменение спектральных и статистических характеристик сигнала до и после эквализации.

В связи с высоким, близким к единице коэффициентом корреляции кривых, соединяющих энергоцентры двухмерных гистограмм, а также амплитудно-частотных характеристик сигналов до эквализации и после неё, основной вывод проведённого анализа заключается в неизменности характера нестационарности процесса после действия операции эквализации и её возможном применении в качестве линейного оператора.

Эквализацию рекомендуется применять в быстрых генераторах случайных последовательностей с заданным законом распределения на базе сигналов сенсоров. При этом следует иметь в виду факт неизменности характера нестационарности процесса. Это означает, что для построения стационарного генератора случайных последовательностей на базе сигналов сенсоров необходимо, кроме эквализации, проводить дополнительную перегруппировку элементов преобразованного массива.

Литература

1. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
2. Богуш, Р. П. Методы обработки изображений: методические указания к лабораторным работам для студентов специальности 1-40 02 01 «Вычислительные машины, системы, сети» / Р. П. Богуш. – Новополоцк: УО «ПГУ», 2007. – 44 с.
3. Калацкая, Л. В. Компьютерный анализ и синтез изображений: курс лекций / Л. В. Калацкая. – Минск: БГУ, 2008. – 101 с.

ПРИБОР АНАЛИЗА ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ И ТЕПЛОВЫХ СИГНАЛОВ

студент гр. 783871 Бессонова В. А.

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

С появлением новых архитектурных микроконтроллерных решений со встроенным радиоинтерфейсом, поддержкой технологии «интернета вещей» (IoT), MEMS-технологий

в проектировании интегральных датчиков и разработке распределённых интеллектуальных систем наметилась тенденция широкого применения стандартных беспроводных интерфейсов связи [1].

Подобные приборы с беспроводным каналом связи в последние несколько лет проектируются на базе современной, высокопроизводительной и недорогой архитектуры Tensilica Xtensa [2]. В микроконтроллеры с архитектурой Tensilica Xtensa интегрирован радиоканал с основной несущей частотой 2,4 ГГц, на которой работает большинство современных беспроводных устройств [3]. На базе Tensilica Xtensa достаточно легко создаются модули Bluetooth, WiFi, а также BLE-приборы, встраиваемые в адаптивные mesh-сети с беспроводной связью и динамически перестраиваемой архитектурой [4].

В совокупности с MEMS-технологиями, применяемыми в производстве виброакустических сенсоров и позволяющими снизить их стоимость с одновременным повышением чувствительности, а также с появлением на рынке недорогих болометров, например, LEPTON FLIR возможно проектирование и конструирование малогабаритных, портативных и недорогих приборов интегрированного анализа виброакустических и тепловых сигналов [5]. Подобные приборы дополнительно характеризуются низким энергопотреблением с одновременной поддержкой технологии mesh-сети, позволяющей создать аналитическую систему с гибкой структурой из нескольких сотен сенсоров [6].

Исходя из перечисленных выше достижений современной микроконтроллерной, тепловизионной и MEMS техники, предлагается разработка портативного прибора интегрированного анализа виброакустических и тепловых сигналов на базе ESP32 с 32-разрядной архитектурой Xtensa LX6 со встроенным радиоканалом 2,4 ГГц.

Структурная схема прибора анализа виброакустических и тепловых сигналов изображена на рисунке 1. Наряду со структурной схемой, разработаны принципиальная электрическая схема и топология печатной платы прибора.

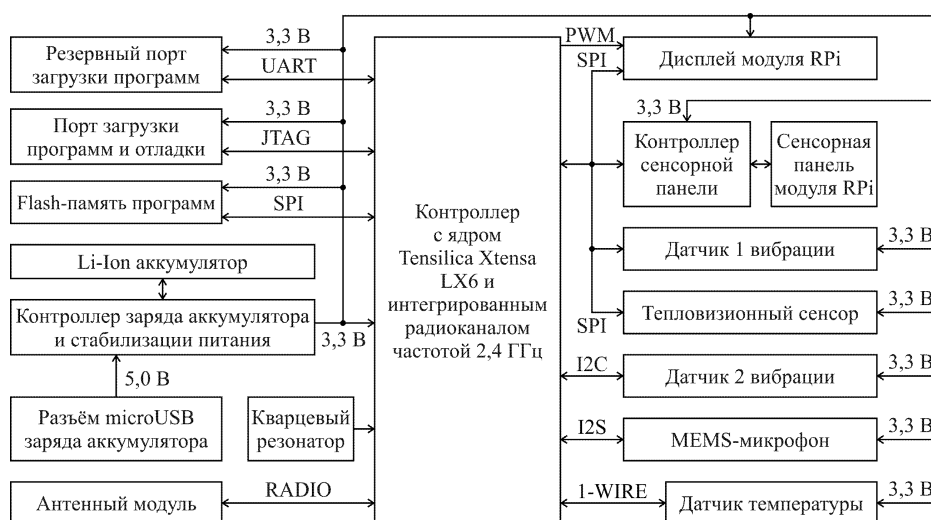


Рис 1. Структурная схема прибора анализа виброакустических и тепловых сигналов

Кроме микроконтроллера ESP32, основу прибора составляют: встроенный датчик 1 вибрации в виде акселерометра LIS3D, MEMS-микрофон MP45DT02, датчик температуры DS18B20, блок заряда миниатюрного Li-Ion или Li-Pol аккумулятора и стабилизации питания со стандартным microUSB-разъёмом. В дополнительные элементы прибора входят тепловизионный сенсор LEPTON FLIR с болометрической матрицей, внешний датчик 2 вибрации MPU6050 и дисплейный модуль RPi с сенсорной панелью как средство пользовательского интерфейса.

Исходя из технических характеристик используемых элементов, в структурной схеме прибора отражено, что в качестве межмикросхемных интерфейсов связи выступают основные четыре интерфейса: I2C, SPI, I2S, 1-WIRE, а также интерфейсы JTAG загрузки в микроконтроллер программы с возможностью её внутрисхемной пошаговой отладки и UART резервной загрузки программы.

Основной целью конструирования печатной платы прибора анализа виброакустических и тепловых сигналов является предоставление возможности его трансформации в малогабаритный портативный датчик вибраций, акустики и температуры с радиоинтерфейсом. В варианте трансформации устройства в миниатюрный интегрированный виброакустический и тепловой датчик с радиоинтерфейсом дополнительные элементы (тепловизионный сенсор, внешний датчик 2 вибрации, дисплейный модуль RPi с сенсорной панелью) не устанавливаются. При этом конструктивно предусмотрено достаточно лёгкое удаление неиспользуемых в датчике портов и контактов их подключения, позволяя таким образом уменьшить площадь печатной платы и, соответственно, геометрические размеры и массу датчика, улучшив при этом его инерционные характеристики.

Разработанные электрическая структурная и принципиальная схемы, и топология печатной платы прибора анализа виброакустических и тепловых сигналов обладают важными свойствами универсальности и адаптивности. Они заключаются в возможности как быстрого встраивания прибора в систему модульных средств с гибкой структурой на основе беспроводной mesh-сети, так и использования в иных задачах контроля, обработки сигналов и анализа данных. Также следует отметить достоинство конструктивной трансформации разработанного прибора в миниатюрный датчик интегрированного виброакустического и теплового контроля со стандартным радиоканалом связи 2,4 ГГц.

Литература

1. Ли, П. Высокие технологии, коммуникации, развлечения и СМИ: прогнозы развития отраслей 2020 / П. Ли, Д. Лукс, Д. Стюарт, Д. Джарвис, К. Аркенберг [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ru/Documents/technology-media-telecommunications/russian/tmt_predictions_RU_2020.pdf.
2. Чипированные решения от компании Espressif [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://gamma.spb.ru/novosti/44-novosti-espressif/448-chipirovannyye-resheniya-ot-kompanii-espressif>.
3. Особенности построения и использования чипов Espressif [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: http://gamma.spb.ru/images/pdf/Espressif/Ispolzovanie_thipov_Espressif.PDF.
4. Ролич, О.Ч. Интегрированная система виброакустической и тепловой диагностики систем, узлов и механизмов дизельного двигателя на базе беспроводной mesh-сети / О. Ч. Ролич, В. Е. Тарасенко, И. И. Балаш // Агропанорама. – 2019. – № 6 – С. 38 – 41.
5. Ролич, О. Ч. Тепловой контроль работы двигателя на основе статистического анализа сигналов болометра / О. Ч. Ролич, В. Е. Тарасенко, В. С. Ивашко // Изобретатель. – 2019. – № 2-3 – С. 40 – 44.
6. Гусс, С. В. Самоорганизующиеся mesh-сети для частного использования / С. В. Гусс // Математические структуры и моделирование. – 2016. – № 4(40). – С. 102 – 115.

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ОДНОМЕРНЫХ МАССИВОВ

студент гр. 914302 Воробей Д. А.

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

Изучение методов цифровой обработки сигналов является важным и перспективным направлением развития современной науки и техники [1]. В связи с этим стремительно прогрессируют различные подходы к генерированию, обработке и анализу цифровых сигналов.

В реальных задачах часто ставится вопрос о степени идентичности или независимости процессов. Иными словами, требуется определить взаимосвязь между соответствующими процессам сигналами, то есть найти их корреляцию. Для этого используется корреляционный анализ – статистическое исследование различных выборок данных, направленное на выявление взаимосвязи между ними.

Значения корреляционной функции, с учётом нормировки выборок, расположены в диапазоне $[-1; 1]$. Если взять две абсолютно независимые случайные последовательности, то их сумма произведений стремится к нулю. Это говорит о том, что подобные последовательности или цифровые сигналы обладают нулевой корреляцией. Причём, чем длиннее последовательности, тем сильнее стремление результата к нулевому значению.

Корреляция может быть положительной и отрицательной. При положительной корреляции взаимосвязь процессов представляется увеличением параметра сигнала, отражающим поведение первого процесса, с одновременным увеличением параметра другого сигнала, отражающим второй процесс. При отрицательной корреляции увеличение параметра одного сигнала связано с уменьшением параметра другого сигнала.

Одним из простых и эффективных способов нахождения корреляции одномерных массивов является расчёт коэффициента Пирсона, который характеризует существование линейной взаимосвязи между двумя выборками X и Y , и рассчитывается по формуле [2]:

$$r_{XY} = \frac{\sum(X-\bar{X})(Y-\bar{Y})}{\sqrt{\sum(X-\bar{X})^2 \sum(Y-\bar{Y})^2}},$$

где $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} X_i$, $\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} Y_i$ – средние значения выборок, n – длина выборок.

В данной работе корреляционный анализ используется для поиска подобных или эталонных фигур и сигналов в контейнере – одномерном детерминированном или случайном массиве данных с учётом его зашумлённости. Для этого эталонный объект (сигнал) перемещается слева направо вдоль контейнера, и на каждой итерации вычисляется коэффициент корреляции, значение которого присваивается элементу одномерного массива с индексом, равному номеру итерации.

Коэффициент корреляции Фехнера или коэффициент знаковой корреляции является наиболее простой мерой связи между двумя одномерными массивами данных [3]. Его расчёт основан на оценке степени согласованности направлений отклонений индивидуальных значений массивов от соответствующих средних значений. Для расчёта коэффициента Фехнера вычисляются средние значения для каждой из анализируемых последовательностей, а затем находятся знаки отклонений от средних для всех значений результативного и факторного признаков. Если сравниваемое значение больше среднего, то ставится знак «+» если меньше – знак «-». Совпадение знаков по отдельным значениям последовательностей определяет согласованную вариацию, а их несовпадение – нарушение согласованности. Затем подсчитывается количество совпадений и несовпадений, и знаковая корреляция вычисляется по следующей формуле:

$$R_F = \frac{n_a - n_b}{n_a + n_b},$$

где n_a – количество совпадений знаков, n_b – количество несовпадений знаков.

При решении поставленной задачи поиска подобных и эталонных фигур в контейнере разработана программа, в которой реализована возможность выбора вида контейнерного и эталонного сигналов как одномерных массивов данных, расчёта и построения корреляционных функций. Результатом работы программы являются визуализация контейнерного сигнала и отображение графиков корреляционной и знаковой корреляционной функций.

Так, на рисунке 1 представлен тестовый сигнал-контейнер синусоидальной формы с математической моделью стандартного вида:

$$f(t) = A \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{N} \cdot \omega \cdot t + \varphi\right),$$

где $A = 3$ – амплитуда синусоиды, $\omega = 4$ – частота колебаний, $\varphi = 0$ – начальная фаза, $N = 200$ – длина контейнера как цифрового массива.

Так как на практике крайне редко встречается чистый сигнал без шумов, для получения более значимых результатов к контейнеру добавляется случайная аддитивная составляющая с нормальным законом распределения. При задании случайной составляющей необходимо учитывать стандартное отклонение и форму имеющегося «чистого» сигнала.

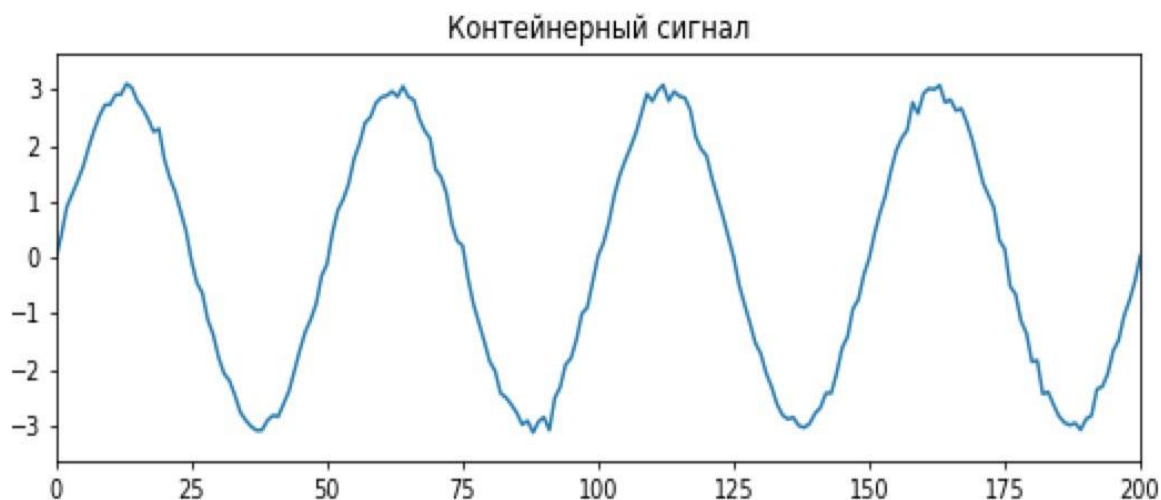


Рис 1. Визуализация контейнера с учётом зашумлённости.

Для задачи поиска подобных и эталонных фигур в контейнере разработана программа, в которой реализована возможность выбора вида контейнерного и эталонного сигналов как одномерных массивов данных, расчёта и построения корреляционных функций. Результатом работы программы являются визуализация контейнерного сигнала и отображение графиков корреляционной и знаковой корреляционной функций (см. рисунок 2).

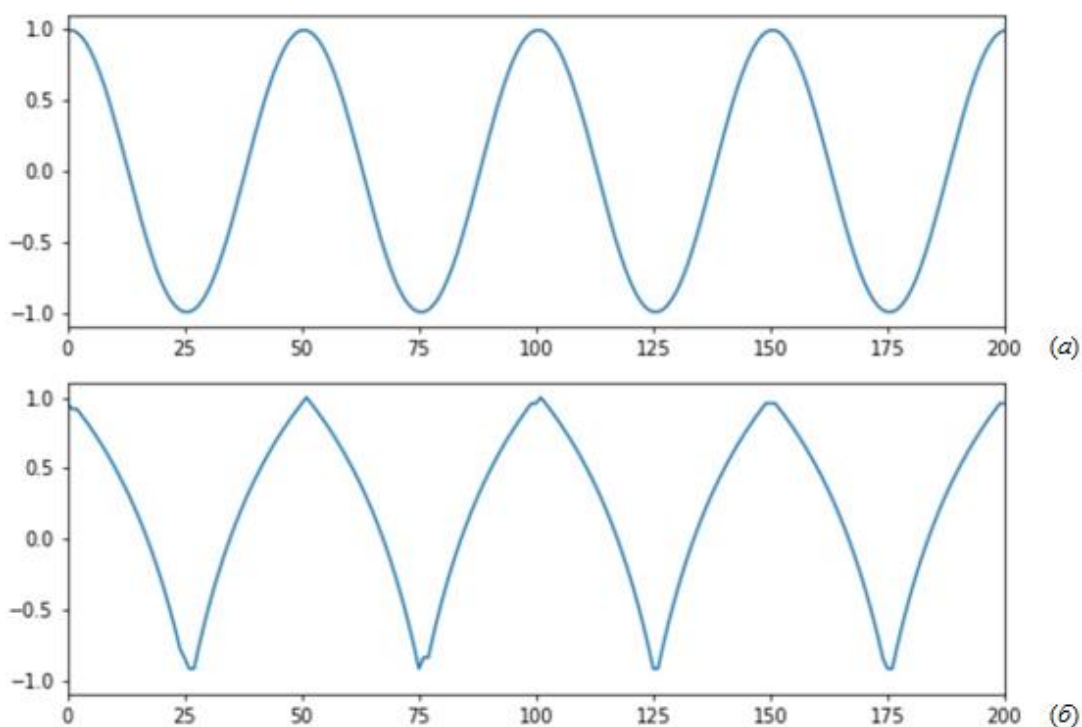


Рис 2. Результат работы программы с отображением корреляционной функции (а) и функции знаковой корреляции (б).

На рисунке 2 корреляционные функции принимают максимальные, равные единице значения при совпадении фрагментов контейнерного сигнала с эталоном-гармоникой, и близкие к -1 величины в случаях полной противоположности их формы.

По результатам статистических испытаний программы и работы в целом можно сделать вывод об эффективности и актуальности корреляционного анализа в практических задачах обработки цифровых сигналов. Коэффициент корреляции Пирсона и коэффициент знаковой корреляции имеют весомое значение в разработке информационных систем и систем анализа больших данных.

Корреляционный анализ цифровых сигналов находит широкое применение в следующих сферах деятельности:

- определение расстояния до источника звука;
- выделение полезных сигналов в фоновом шуме;
- определение импульсных характеристик электрических систем;
- реализация систем распознавания речи;
- обработка цифровых изображений;
- анализ и прогнозирование экономических процессов.

Литература

1. Фаерман, В.А. Корреляционный анализ в методах цифровой обработки сигналов / В. А. Фаерман, В. С. Аврамчук. – [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2012/C04/033.pdf>.
2. Коэффициент корреляции Пирсона [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Коэффициент_корреляции_Пирсона.
3. Коэффициент корреляции Фехнера [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/5855743/page:27/>.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

студент гр. 914301 Воронова Ю. А.

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

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Бизнес-процессы предприятий невозможно представить без эффективного управления. Реалии таковы, что бизнес-планирование и построение финансовой модели является ключевым фактором успеха любой компании. Именно поэтому важно внедрять информационные технологии на предприятия [1].

За последние годы проявляется существенный рост внедрения информационных технологий в экономику предприятий. На это повлияли как общедоступность информационных технологий, так и возросшая конкуренция.

В современной экономике информационные технологии играют существенную роль. Они упрощают процессы планирования и управления, обработку и сортировку данных.

При внедрении информационных систем следует учитывать назначение предприятия, вид, деятельность и задачи, которые планируется решать с их помощью.

Внедрение информационных технологий на предприятии, в первую очередь, должно обеспечить повышение эффективности управления, в частности, решения следующих важнейших задач:

- автоматизация документооборота;
- автоматизация планирования;
- быстрый автоматизированный сбор, обработка, передача и анализ данных.

Особенностью и достоинством внедрения информационных технологий является самостоятельное выполнение автоматизированной системой рутинных операций под контролем человека, который при надобности корректирует её работу.

Любые информационные системы имеют набор инструментов, позволяющих управлять бизнес-процессами предприятия. Подобные инструменты можно реализовать как для больших, так и для малых компаний.

Несмотря на то, что существуют информационные системы, разработанные на собственных платформах, большинство предприятий использует широко известные и наиболее распространённые платформы управления бизнес-процессами от Microsoft и IBM.

Классификация информационных систем основывается на области их применения в структуре предприятия. Это могут быть системы планирования или управления персоналом, ресурсами, финансами, маркетингом и т.д.

В настоящее время основными классами информационных систем являются:

- системы планирования ресурсов предприятия (ERP);
- система управлений взаимоотношения с клиентами (CRM);
- системы хранения информации;
- системы управления поставками;
- системы планирования материальных потоков.

Также существует множество онлайн-сервисов для создания бизнес-планов и финансовых моделей [2].

Сервис *ProjectExpert*, пожалуй, самая распространённая программа для бизнес-планирования в мире. Она позволяет моделировать деятельность различных предприятий – от малых фирм до холдинговых компаний, помогая в создании бизнес-плана предприятия, оценке различных вариантов его развития, планировании расширения действующего или создания нового производства.

У сервиса *ProjectExpert* имеется ряд достоинств и недостатков, перечисленных в

таблице 1. В качестве одного из основных его недостатков следует отметить закрытость системы, не позволяющая гибко менять расчётные алгоритмы.

Таблица 1. Достоинства и недостатки сервиса *ProjectExpert*.

Плюсы	Минусы
Простой, интуитивно понятный интерфейс	Сложности с восприятием внутренней логики блока «Оперативный блок»
Расчёт многих показателей эффективности и построение различных графиков и диаграмм	Неразвитость раздела, связанного с финансированием
Возможность использования как малыми фирмами, так и холдинговыми компаниями	Закрытость системы. Пользователь не может влиять на расчётный алгоритм самостоятельно
Передача отчётов в Microsoft Word и иные редакторы	
Гибко спроектированный блок налогообложения	

Информационная система *BusinessPlanPL* позволяет создавать профессиональный бизнес-план пользователю со знанием экономики. В отличие от *ProjectExpert*, она содержит несколько алгоритмов расчёта финансовых показателей. Достоинства и недостатки данной системы перечислены в таблице 2.

Таблица 2. Достоинства и недостатки системы *BusinessPlanPL*.

Плюсы	Минусы
Возможность использования и малыми фирмами, и крупными предприятиями	Необходимость дополнительных данных, которые приходится рассчитывать вручную, для создания финансового плана
Полная автоматизация финансового плана	

Система «*COMFAR*» создана специалистами австрийской компании UNIDO. Она, в отличие от предыдущих двух сервисов и многих отечественных разработок, полностью соответствует методике, которую используют в процессе бизнес-планирования зарубежные инвестиционные институты. В качестве достоинств системы «*COMFAR*», приведённых в таблице 3, наиболее следует отметить полное отсутствие разногласий с потенциальными иностранными инвесторами и достаточно обширный горизонт планирования с возможностью оперирования 20 видами валют и одновременным расчётом в двух валютах. Основным недостатком данной системы следует отметить отсутствие должной гибкости в настройке моделей налогообложения и формирования производственных запасов.

Таблица 3. Достоинства и недостатки системы «*COMFAR*».

Плюсы	Минусы
Поддержка методики UNIDO	Невозможность перестройки модели налогообложения
Полное отсутствие разногласий с потенциальными иностранными инвесторами	Отсутствие блока описания налогов
Возможность использования 20 видов валют и одновременных расчётов в двух валютах	Невозможность адекватного описания формирования производственных запасов, а также применения сложных схем сбыта производственной продукции
Переменный горизонт планирования до 60 лет	Недостаточная сервисная поддержка

Исходя из сравнения базовых систем бизнес-аналитики, планирования и управления предприятием, очевидно, что каждая из них имеет свои достоинства, недостатки и нюансы. На текущий момент не существует универсальной информационной платформы для всех предприятий, потому что каждое из них преследует свои цели и решает индивидуальные задачи. Не исключена ситуация, когда ни одна из доступных систем не решит поставленной предприятием задачи, и потребуются самостоятельная разработка системной аналитической платформы в соответствии с индивидуальным техническим заданием.

В связи с возможностью быстрого решения ряда сложных аналитических задач, которые, помимо значительного снижения рутинной нагрузки, непосредственно влияют на успех компании, внедрение информационно-аналитических систем необходимо каждому предприятию [3]. Несмотря на неизбежное массовое внедрение информационных технологий в предприятия, речи о полной их автоматизации и функционировании без участия высококвалифицированного персонала пока не идёт, т.к. в настоящее время ни одна система не способна полностью заменить человека. Однако человеческий труд приобретает совершенно иной характер, смещая акцент от физической составляющей к интеллектуальной. С активным развитием искусственного интеллекта не исключено, что в скором будущем станет реальностью функционирование предприятий сугубо средствами информационно-аналитических систем.

Литература

1. Салихзянова, Н. А. Роль информационных систем в эффективном управлении современным предприятием / Н. А. Салихзянова, Д. Х. Галлямова. – [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-informatsionnyh-sistem-v-effektivnom-upravlenii-sovremennym-predpriyatiem/viewer>.

2. Абдуллаева, Т. К. Интеллектуальные системы бизнес-аналитики // Т. К. Абдуллаева, Д. Д. Дустова / Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 11. – С. 1271 – 1275. – [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <http://e-koncept.ru/2016/86274.htm>.

3. Ипатов, Ю. В. Разработка и внедрение интеллектуальной системы управленческого учёта металлургического предприятия: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01 / Ю. В. Ипатов // Московский государственный институт стали и сплавов (технологический университет) – М., 2003. – 22 с.

УДК 519.688

ПРОГРАММА ПОСТРОЕНИЯ ДЕРЕВА ХАФФМАНА ПО ДАНЫМ JPEG-ФАЙЛА

студент гр. 914303 Гацко А. А.

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

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

К настоящему времени разработано огромное количество методов обработки информации, связанных с её кодированием, анализом, фильтрацией, преобразованием, сжатием [1]. Среди них особое место занимает метод Хаффмана сжатия (или компрессии) информации как метод оптимального префиксного кодирования алфавита с минимальной избыточностью. Метод сжатия по Хаффману находит применение в самых разнородных сферах, начиная от сжатия текстовой информации, и заканчивая компрессией аудио и видео данных в масштабе реального времени [2].

В задаче компрессии видеоданных отдельное внимание уделяется базовому стандарту JPEG-сжатия, получившему наиболее широкое распространение и, пожалуй, наивысшую мировую популярность [3]. В стандарте JPEG-компрессии кодирование по Хаффману является одной из операций, наряду с преобразованием цветовой системы, субдискретизацией (или макропикселизацией), косинусным преобразованием и квантованием. Используемые в методе коды Хаффмана получаются из соответствующих бинарных деревьев. В формате JPEG-файла бинарные деревья представляются таблицами Хаффмана в составе гистограмм распределения длин кодов и непосредственными кодами-листьями бинарных деревьев. Несмотря на практическое постоянство деревьев Хаффмана, используемых в компрессии изображений, следует придерживаться общего случая, когда каждому файлу изображения соответствует собственное дерево и соответствующая ему таблица Хаффмана.

Таблиц Хаффмана в JPEG-файлах несколько, как правило, четыре. Каждая из них начинается с шестнадцатеричного префикса 0xFFC4. Размеры двух таблиц переменных AC-составляющих яркостного и цветоразностного компонентов, достаточно большие по меркам файлового заголовка, и имеют размер порядка 200 байт. Это вносит сложность в построение бинарного дерева и соответствующих ему кодов вручную в задачах разработки специальных видеосенсоров и отладке их программ. Поэтому, в практической работе с компрессией видеоданных и отладке соответствующих программ сенсоров, работающих в масштабе реального времени, а также в методическом плане при подготовке высококвалифицированных специалистов по сжатию видео актуально программное средство, способное в автоматическом режиме строить деревья и таблицу кодов Хаффмана для конкретных JPEG-файлов.

Пользовательский интерфейс разработанного программного средства построения бинарного дерева и вычисления кодов Хаффмана по данным JPEG-файла представлен на рисунке 1.

Программа позволяет загрузить файл JPEG-изображения, обнаружить в нём таблицы Хаффмана, указав их количество, отобразить непосредственное изображение в отдельном окне, построить выбранное пользователем дерево Хаффмана и вычислить коды его узлов-листьев. Так, на рисунке 1 построено бинарное дерево для DC-составляющей яркостного компонента и перечислены соответствующие двоичные коды всех его узлов-листьев, где, например, для узла 03 двоичный код равен 1100, который считывается как из древовидного образа, так и из приведённой справа от него таблицы.

На рисунке 2 изображён фрагмент пользовательского интерфейса разработанной программы, а именно, вычисленное и построенное по соответствующей таблице Хаффмана JPEG-файла бинарное дерево и таблица кодов узлов-листьев для постоянной, т.е. DC-составляющей цветоразностного компонента.

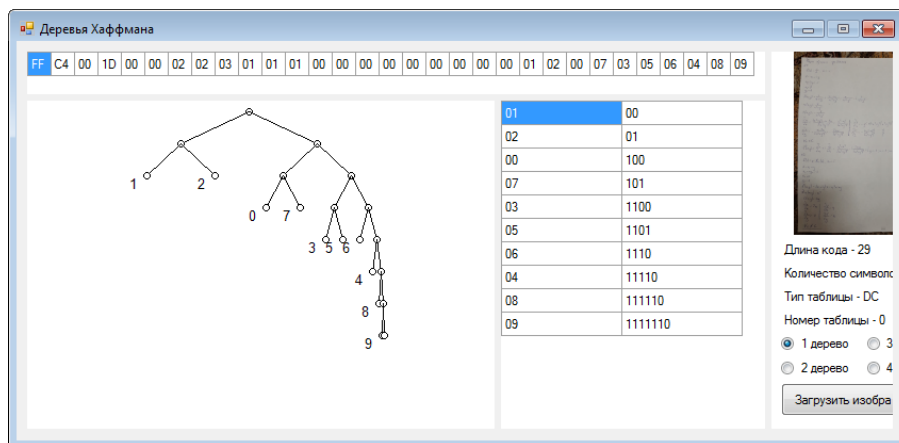


Рис 1. Интерфейс пользователя программы построения дерева Хаффмана по данным JPEG-файла

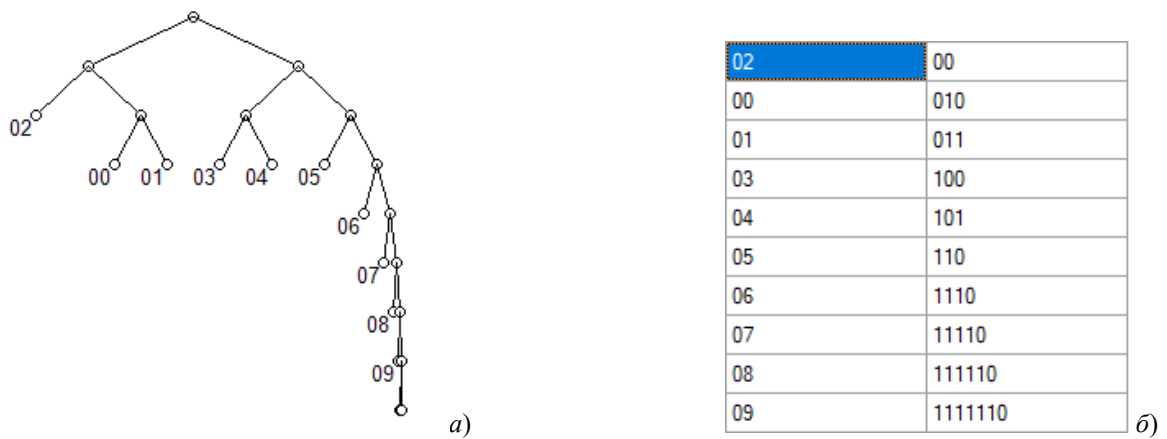


Рис 2. Дерево Хаффмана (а) и таблица кодов (б) DC-составляющей цветоразностного компонента.

Разработанная программа построения деревьев и кодов Хаффмана по данным JPEG-файлов представляет удобный инструмент для отладки программ сенсоров на базе микроконтроллеров, сжимающих поток видеоданных в реальном времени с целью их передачи по каналам связи. Также программа может использоваться в подготовке квалифицированных специалистов по сжатию видео. В связи с широким использованием кодирования Хаффмана в сжатии данных без потери информации, в том числе, в сжатии изображений и видеопотоков (JPEG, MPEG), в популярных архиваторах (PKZIP, LZH), в протоколах HTTP, MNP5 и MNP7, разработанная программа рекомендована к применению в образовательном процессе высшего учебного заведения технического профиля.

Литература

1. Тропченко, А. Ю. Методы сжатия изображений, аудиосигналов и видео: учебное пособие / А. Ю. Тропченко, А. А. Тропченко – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 108 с. – [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://books.ifmo.ru/file/pdf/574.pdf>.
2. Попов, А. В. Методы и устройство формирования сигналов в цифровых видеоинформационных системах [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://mpei.ru/diss/Lists/FilesDissertations/100-Диссертация.pdf>.
3. Overview of JPEG [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://jpeg.org/jpeg/index.html>.

УДК 519.688, 004.942

ФОРМИРОВАНИЕ СЛУЧАЙНОГО МАССИВА С ЗАДАНЫМ ЗАКОНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГЕНЕРАТОРА С РАВНОМЕРНЫМ ЗАКОНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

студент гр. 914302 Киселёва М. П.

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

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Часто в задачах моделирования сигналов сенсоров возникает необходимость формирования массива псевдослучайных чисел с заданным нестандартным, выраженным таблично, а не функционально, законом распределения. В частности, подобным законом может выступать треугольное распределение Симпсона [1].

Исходя из отлаженных классических и усовершенствованных алгоритмов генерирования псевдослучайных последовательностей с равномерным покрытием заданного числового диапазона, поставленную задачу удобно решать на основе равномерного генератора случайных чисел [2 – 4].

Предлагаемый алгоритм состоит из двух этапов. Первый этап заключается в статистической фильтрации псевдослучайной последовательности на базе конгруэнтного метода или аппаратного генератора шума. В него входят табличное задание гистограммы плотности распределения, вычисление с каждым принятым числом гистограммы текущей сформированной числовой последовательности, сравнение вычисленной гистограммы с заданной и отсеивание случайных чисел равномерной входной последовательности, не попадающих в заданную гистограмму.

На рисунке 1 представлен результат первого этапа.

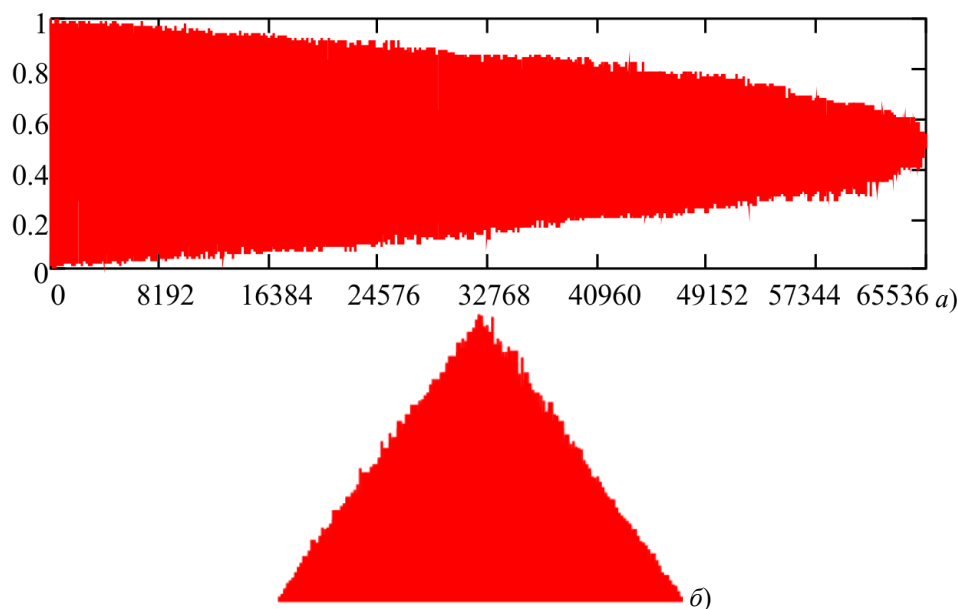


Рис 1. Псевдослучайная последовательность (а) и её гистограмма (б) на выходе первого этапа алгоритма.

Несмотря на удовлетворительную гистограмму 1, (б) предварительной последовательности 1, (а), совпадающей с заданным треугольным распределением Симпсона, очевидным недостатком первого этапа является нестационарность последовательности. Она заключается в непостоянстве среднеквадратичного отклонения, обусловленного более быстрым заполнением ячеек заданной гистограммы, расположенных ближе к её краям. Иными словами, на рисунке 1, (а) очевидно уменьшение ширины диапазона уровней квантования, заключённой нижней и верхней огибающими предварительной псевдослучайной числовой последовательности (массива).

Для устранения описанного недостатка первого этапа на втором этапе осуществляется перестановка элементов внутри предварительно полученного массива [5]. Этап перестановки состоит из двух шагов: сортировка массива по возрастанию и непосредственная перегруппировка элементов. Результат сортировки отражён на рисунке 2. Стрелками на рисунке 2 указано соответствие ячейки гистограммы значению отсортированного массива. Указанное соответствие означает, что для формирования окончательного массива отсортированные элементы берутся по порядку и расставляются в результирующем массиве примерно равноудалённо друг от друга с квазипериодом, определённым высотой соответствующей гистограммной ячейки. Чем больше высота ячейки, тем меньше период и тем чаще следуют друг за другом очередные элементы из отсортированного массива.

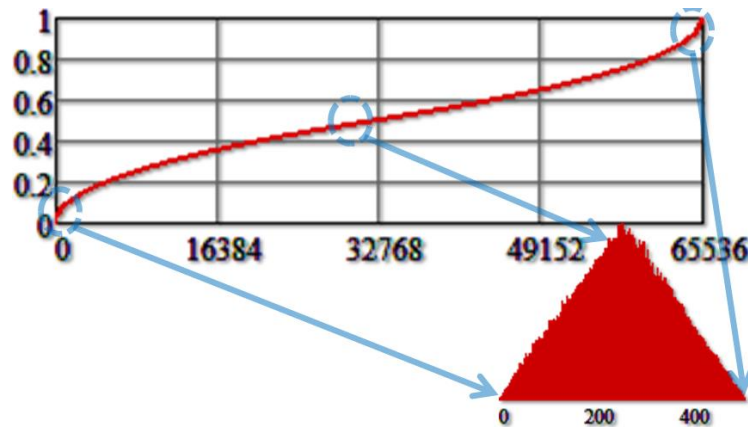


Рис 2. Результат сортировки полученного после первого этапа массива.

В результате действия алгоритма перегруппировки элементов отсортированного массива из предварительной последовательности на рисунках 1, (а) и 2 формируется псевдослучайная последовательность, представленная на рисунке 3, (а) с соответствующей двухмерной гистограммой на рисунке 3, (б).

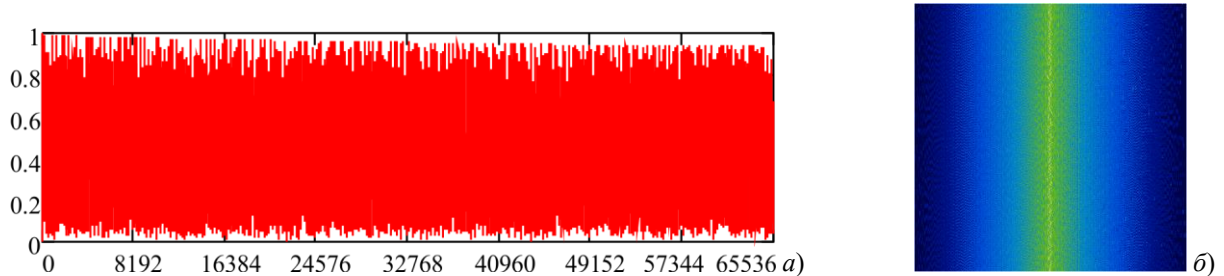


Рис 3. Результирующая псевдослучайная последовательность (а) и её двухмерная гистограмма (б).

Двухмерная гистограмма на рисунке 3, (б) подчёркивает стационарность результирующей последовательности.

Предложенный алгоритм формирования случайного массива с заданным законом распределения позволяет создавать случайную стационарную последовательность на основе генератора с равномерным законом.

Литература

1. Годицкий, Р. И. Методика построения генератора случайных чисел, распределённых по закону Симпсона / Р. И. Годицкий, С. В. Рудаков [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/2110/1/soi_2003_4_16.pdf.
2. Кнут, Д. Искусство программирования для ЭВМ. Получисленные алгоритмы / Д. Кнут. – Москва: Мир, 1977. – 724 с.
3. Методы генерации случайных чисел с равномерным законом распределения. Часть 1 [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/301900/>.
4. Арзамасцев, А. А. Универсальный генератор случайных чисел для имитационного моделирования / А. А. Арзамасцев, Т. Ю. Китаевская, И. В. Азаров // Вестник ТГУ. – 2000. - Т. 5. – вып. 1. – С. 131 – 133. – [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <http://journals.tsutmb.ru/a8/upload/2018-december/temp.da5b74a8b16dc4db3d43dc910d9e24cf.pdf>
5. Лисицына, Е. С. Генерация перестановок в стохастических генераторах / Е. С. Лисицына // Вісник ЧДТУ. – 2013. – № 2. – С. 19 – 24. – [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vchdtu_2013_2_5.pdf.

ОБМЕН ВИДЕОДАНЫМИ ПОСРЕДСТВОМ ETHERNET

студент гр. 914301 Колосович У. А.

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

В мире ежедневно растёт количество устройств и платформ с поддержкой видео. Согласно прогнозам, к 2021 году глобальный интернет-трафик увеличится почти в три раза, при этом на видеопотоки будет приходиться примерно 82% от общего объёма трафика [1]. В настоящее время в потребительском видео преобладает формат HighDefinition (HD), но всё более популярными становятся форматы и более высокого разрешения, например 4K.

Целью данной работы является анализ способов передачи видеофайлов по сети Ethernet с поддержкой стандартных протоколов.

Технология Ethernet позволяет объединять устройства в локальные сети и взаимодействовать друг с другом по сетевым протоколам, входящим в стек Ethernet-протоколов, управляющих процессами передачи данных по локальной сети. На рисунке 1 представлена классификация широко используемых частных Ethernet-технологий [2].

Современное оборудование позволяет достигать сетевых скоростей в 40 Гб/с и 100 Гб/с. Такие технологии получили название соответственно 40GbE и 100GbE [3]. Они являются наиболее перспективными для передачи видеопотоков по сети Ethernet.

Наиболее популярным на сегодняшний день потоковым механизмом для доставки интернет-видео является HAS. Данный механизм построен на базе протокола TCP транспортного управления передачей. TCP увеличивает скорость передачи отправителя на постоянную величину, когда ожидающие пакеты надёжно подтверждаются получателем. При потере же подтверждения из-за перегрузки получателя, отправитель повторно передаёт потерянные пакеты, что приводит к снижению скорости передачи. Это пагубно сказывается на соблюдении сроков воспроизведения для обеспечения потоковой передачи видео с низкой задержкой.

Протокол UDP дейстаграмм пользователя в большей степени подходит для приложений с требуемой низкой задержкой передачи данных, нежели TCP.

Но и достоверность передачи по UDP ниже, чем по TCP. В результате были предприняты усилия по гибридизации на транспортном уровне протоколов TCP и UDP с целью объединения надёжности TCP с малой задержкой UDP.

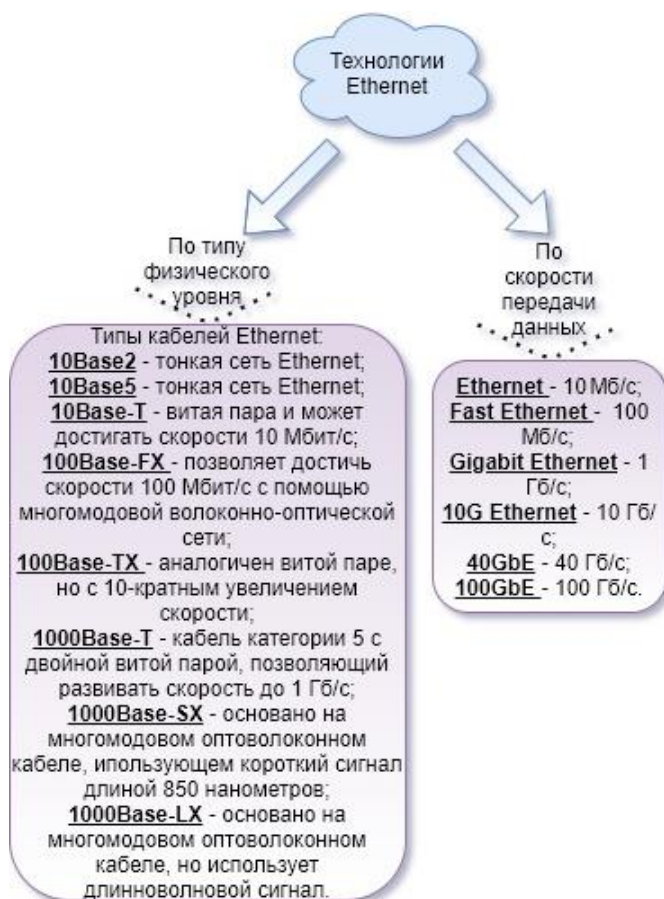


Рис 1. Классификация частных Ethernet-технологий.

Проведённое экспериментальное исследование потоковой передачи HDVoDStreaming с низкой задержкой, вследствие применения гибкого двойного протокола TCP-UDP, именуемого FDSP с изображённой на рисунке 2 архитектурой, сочетает характеристики высокой надёжности TCP и низкой задержки UDP [4]. FDSP доставляет наиболее важные части видеоданных через TCP, а остальные – через UDP. Для регулирования количества данных, передаваемых по TCP, используется шкала BP приоритизации битового потока. BP настраивается в зависимости от уровня перегрузки сети. Потоковая передача на основе FDSP обеспечивает меньшее время и меньше случаев повторной буферизации, чем потоковая передача на основе TCP, а также меньшие потери пакетов, нежели потоковая передача на основе UDP. FDSP с BP характеризуется высоким качеством видео с малой задержкой.

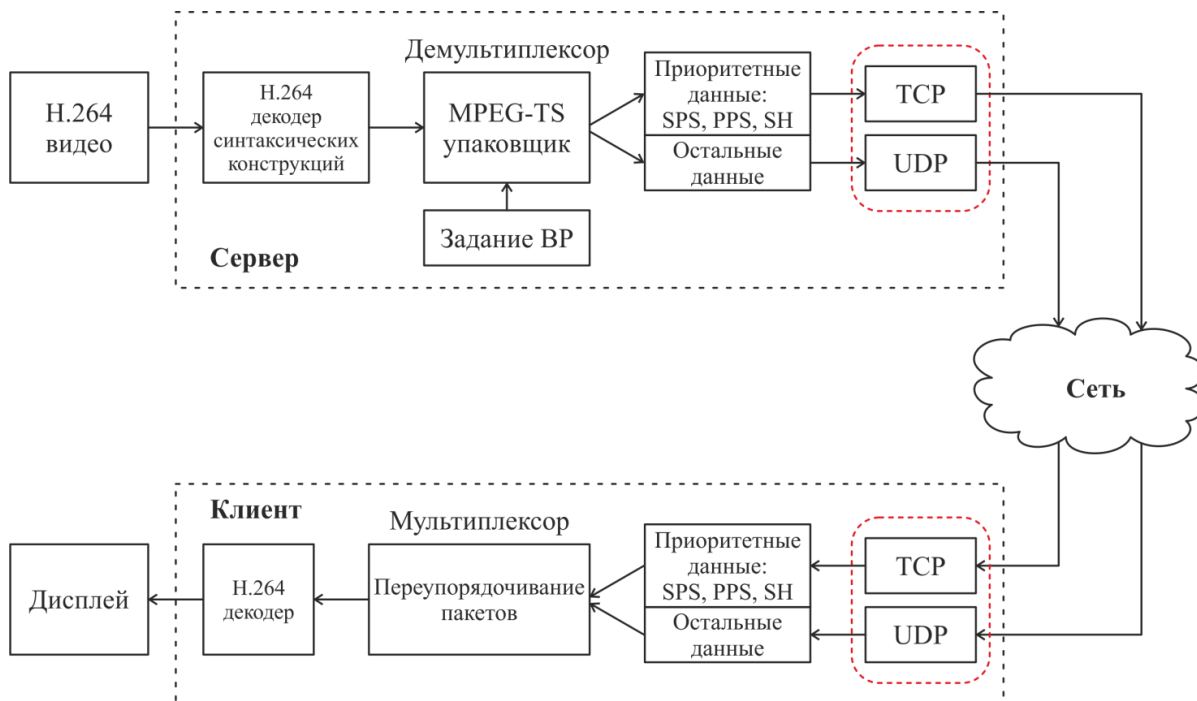


Рис 2. Архитектура FDSP.

Проведены исследования и реализованы процедуры, направленные на уменьшение задержки, вызванной сегментацией видео. Клиент поддерживает видеобуфер из двух или более сегментов, обычно по 10 секунд каждый, что приводит к задержке в 20 и более секунд. Снижение размера сегмента до нескольких секунд может уменьшить размер буфера воспроизведения у клиента, что, в свою очередь, снизит и задержку в передаче видеоданных. Однако это увеличивает общее количество сегментов и, следовательно, количество HTTP-запросов, которые клиент отправляет на сервер для получения видеосегментов. Подобные запросы используют важную полосу пропускания в размере одного времени приёма-передачи на сегмент видео.

Также проведён анализ передачи видеоданных по протоколу UDP. UDP транслирует принятые данные в буфер приёма сокета. Если буфер приёма сокета переполнен, то пакет отбрасывается. Размер буферов сокетов дейтаграмм по умолчанию составляют 9216 и 41920 байт соответственно. От размера буфера сокета зависит объём данных, которые могут быть в него помещены. Значение максимального размера буфера ограничивает объём памяти, который может быть выделен буферу сокета. То есть, если в сети Ethernet кластер размером 2048 байт может содержать не более 1500 байт данных, то значение максимального размера буфера должно быть в 1,37 раз больше указанного размера буфера сокета. Рекомендуется, чтобы значение максимального размера буфера было как минимум в 2 раза больше размера самого большого буфера сокета. Максимальный размер

пакета UDP составляет 64 КБ. Если приложение отправляет блоки данных большего размера, оно может самостоятельно разбить их на дейтаграммы. Поэтому, в подобном случае в целях устранения потерь видеоданных рекомендуется воспользоваться протоколом TCP.

Рекомендации в сокращении видеозадержки в процессе передачи видеоданных через Ethernet включают в себя модификации на транспортном уровне. При этом важные пакеты передаются через TCP-соединения более высокого качества и, следовательно, менее подвержены повторной передаче. Этот способ решает проблему задержки на транспортном уровне, но на прикладном уровне всё же присутствует значительная задержка из-за типичных размеров видеосегментов в HAS [4, 5].

Результаты общего сравнительного анализа протоколов TCP, UDP и FDSP как сочетания протоколов TCP-UDP представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты сравнения протоколов TCP, UDP, FDSP.

Характеристика	TCP	UDP	FDSP
Надёжность	Надёжный	Ненадёжный	Надёжный
Установка соединения	Протокол с установлением соединения	Протокол без установления соединения	С установкой соединения посредством TCP для передачи более важных данных
Повторная передача сегментов	Есть	Нет	Есть повторная передача более важных данных по TCP, остальные данные без повторной передачи по UDP
Скорость передачи сегментов	Низкая	Высокая	Проблема задержки решается на транспортном уровне, на прикладном она существует

FDSP ортогонален адаптивной потоковой передаче и, таким образом, может использоваться в качестве транспортного протокола для современных систем доставки видео на основе сегментов. Исходя из сравнительной таблицы 1, FDSP эффективен в достижении баланса между задержкой и качеством изображения, и имеет преимущество перед протоколами UDP и TCP.

Литература

1. Прогнозируется трёхкратное увеличение IP-трафика к 2021 году [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <http://giprosvjaz.by/ru/pv/news/prognoziruetsya-trekhkratnoe-uvvelichenie-1352>.
2. Таненбаум, Э. Компьютерные сети / Э. Таненбаум, Д. Уэзеролл. – Санкт-Петербург: Питер, 2012. – 960 с.
3. Что такое Ethernet. Классификация [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://hpc.by/ethernet>.
4. Gatimu, K. Experimental study of low-latency HD VoD streaming using flexible dual TCP-UDP streaming protocol / Kevin Gatimu, Arul Dhamodaran, Taylor Johnson, Ben Lee [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/323861272_Experimental_study_of_low-latency_HD_VoD_streaming_using_flexible_dual_TCP-UDP_streaming_protocol#pf2.
5. Flexible Dual TCP/UDP Streaming for H.264 HD Video Over WLANs [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <http://web.engr.oregonstate.edu/~benl/Publications/Conferences/ICUIMC2013.pdf>.

ФОРМИРОВАНИЕ ПСЕВДОСЛУЧАЙНОГО МАССИВА С ЗАДАННЫМ ЗАКОНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ОПЕРАЦИИ ЭКВАЛИЗАЦИИ

студент гр. 914302 Медведская Ю. И.

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

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

В прикладной криптографии и стеганографии, моделировании сигналов, технических систем и их статистических испытаниях актуальна задача быстрого генерирования псевдослучайных стационарных последовательностей с заданным законом распределения [1, 2]. Данную задачу удобно решать на базе операции эквализации входных сигналов датчиков, в особенности, их шума.

В качестве входного сигнала как источника шума выбирается поток данных от MEMS-акселерометра. Это обусловлено конструктивными особенностями современных MEMS-акселерометров и, как следствие, их высокой чувствительностью к постоянной окружающей вибрации за счёт процессов различного рода жизнедеятельности, погодных изменений и гравитации [3].

Алгоритм формирования псевдослучайной последовательности путём выравнивания закона распределения сигнала от датчика рассматривается на примере равномерной эквализации [4].

На рисунке 1 изображены входной сигнал $s(t)$ некоторого процесса от датчика-акселерометра LIS3DSH с соответствующими гистограммами вероятности. Так как в математической модели эквализации фигурирует функция $F(s)$ вероятности, то в решении поставленной задачи логично оперировать именно гистограммами вероятности. Одномерная и двумерная гистограммы вероятности для последовательности $s(t)$ представлены на рисунках 1, (б) и 1, (в). Для удобства чтения двумерной гистограммы вероятности к рисунку 1, (в) прилагается цветовая палитра с вариацией цветов от фиолетового, означающего минимальное (в данном случае нулевое) значение, до розовато-белого, означающего максимальное (единичное) значение.

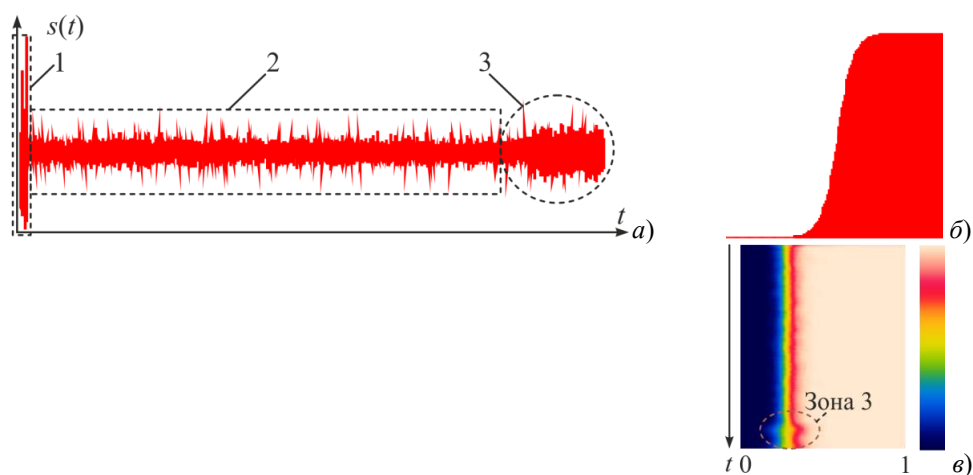


Рис 1. Входной сигнал (а) и его одномерная (б) и двумерная (в) гистограммы вероятности.

В рисунках 1, (а) и 1, (в) отчётливо выделяются три зоны: зона 2 стационарного процесса и зоны 1 и 3 переходных процессов, причём зона 3 явно шире зоны 1. На рисунке 1, (в) начало зоны 3 обозначено выраженным всплеском.

Согласно характеристике передачи уровней для равномерной эквализации [4]:

$$g(s) = F(s) \cdot (g_{\max} - g_{\min}) + g_{\min},$$

где g_{\min} и g_{\max} – соответственно минимальное и максимальное значения в генерируемой псевдослучайной последовательности, исходный (или входной) сигнал $s(t)$ преобразуется в эквализованный сигнал $g(t)$, изображённый на рисунке 2, (а).

Гистограмма вероятности эквализованного сигнала $g(t)$ выровнялась и приняла требуемый, соответствующий в данном случае равномерному распределению вид (см. рисунок 2, (б)). Стационарность эквализованного процесса не изменилась – он остался нестационарным с заметной, заключённой в штрихпунктирный прямоугольник на рисунке 2, (а) зоной 3 рисунка 1, (а). Нестационарность эквализованного процесса подтверждается и двухмерной гистограммой вероятности на рисунке 2, (в), в котором прослеживается явное непостоянство во времени ширины вероятностных уровней. Наиболее важным результатом операции эквализации является формирование числового набора, удовлетворяющего заданному закону распределения.

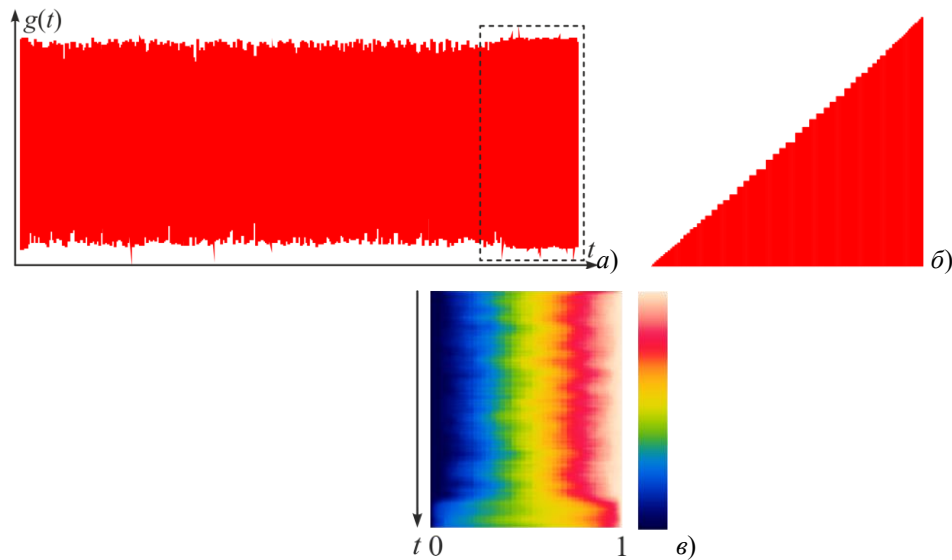


Рис 2. Эквализованный сигнал (а) и его одномерная (б) и двухмерная (в) гистограммы вероятности.

Несмотря на выровненную гистограмму вероятности, что на рисунке 2, (б), многие числа в полученной последовательности близки друг к другу, о чём свидетельствует гистограмма распределения плотности на рисунке 3, (б).

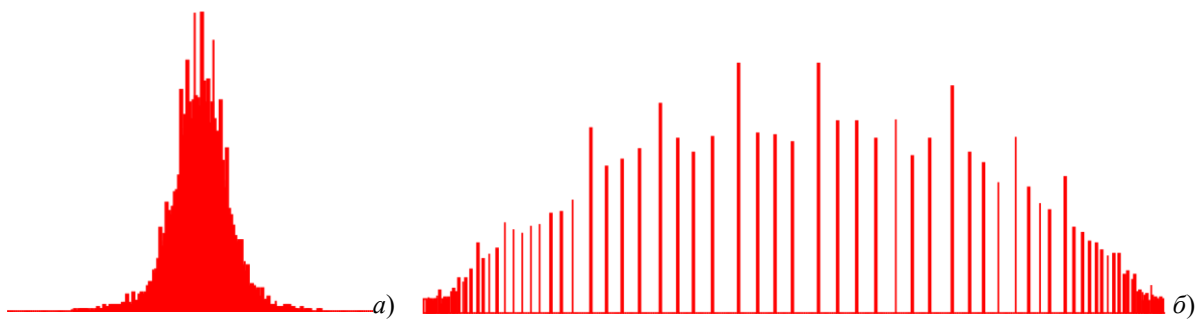


Рис 3. Гистограмма плотности уровней числовой последовательности до эквализации (а) и после неё (б).

Для дифференциации чисел формируемой последовательности разработан алгоритм дополнительного выравнивания, предназначенный, в первую очередь, для выравнивания гистограммы плотности уровней. Результат предложенного алгоритма дополнительного выравнивания гистограммы плотности представлен на рисунке 4.

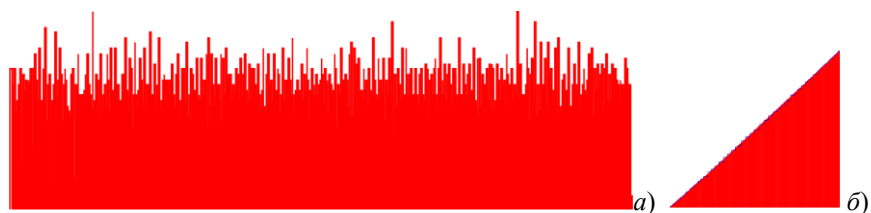


Рис 4. Гистограмма плотности (a) и вероятности (b) после действия алгоритма дополнительного выравнивания.

По сравнению с гистограммой плотности на рисунке 3, (b), гистограмма рисунка 4, (a) после действия алгоритма дополнительного выравнивания стала подобной на гистограмму заданного равномерного распределения. При этом выровнялась и гистограмма вероятности, приняв более сглаженный по сравнению с рисунком 2, (b) вид.

Однако соответствующая выровненным гистограммам числовая последовательность осталась нестационарной. Для приведения её к стационарному виду проводится двухэтапная перегруппировка, включающая сортировку «выровненной» последовательности и её непосредственную перегруппировку. Результирующая перегруппированная псевдослучайная последовательность и её двумерная гистограмма вероятности изображены на рисунке 5.

Следует отметить, что вид двумерной гистограммы вероятности окончательно сформированной псевдослучайной последовательности указывает на её стационарность.

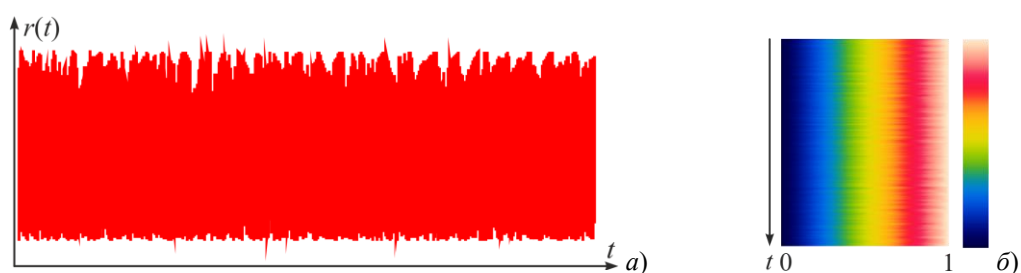


Рис 5. Результирующая псевдослучайная числовая последовательность (a) и его двумерная (b) гистограмма вероятности.

Таким образом, предложенный способ формирования псевдослучайного массива с заданным законом распределения на основе операции эквализации позволяет генерировать стационарные псевдослучайные последовательности с выровненными гистограммами вероятности и плотности распределения уровней.

Литература

1. Будько, М. Б. Методы генерации и тестирования случайных последовательностей / М. Б. Будько, М. Ю. Будько, А. В. Гирик, В. А. Грозов. – СПб: Университет ИТМО, 2019. – 70 с. – [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://books.ifmo.ru/file/pdf/2474.pdf>.
2. Урбанович, П. П. Защита информации методами криптографии, стеганографии и обфускации : учеб.-метод. пособие / П. П. Урбанович. – Минск: БГТУ, 2016. – 220 с. – [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: https://elib.belstu.by/bitstream/123456789/23763/3/Urbanovich_zashhita.pdf.
3. Одинец А. И. Датчики МЭМС для управления и диагностирования автомобиля // А. И. Одинец, Л. Д. Фёдорова / Омский научный вестник. – 2015. – № 2 (140). – С. 177 – 179. – [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: [https://www.omgtu.ru/general_information/media_omgtu/journal_of_omsk_research_journal/files/arhiv/2015/2\(140\)/177-184_Tekhnicheskie_nauki_C.7.pdf](https://www.omgtu.ru/general_information/media_omgtu/journal_of_omsk_research_journal/files/arhiv/2015/2(140)/177-184_Tekhnicheskie_nauki_C.7.pdf).
4. Калацкая, Л. В. Компьютерный анализ и синтез изображений: курс лекций / Л. В. Калацкая. – Минск: БГУ, 2008. – 101 с.

АЛГОРИТМ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

студент гр. 914301 Пурькова М. В.

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

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Статистический анализ, наряду со спектральным, корреляционным, кепстральным, мел-кепстральным, вейвлет и другими видами, является одним из наиболее популярных инструментов технического анализа больших данных, в том числе, их потоков в масштабе реального времени [1].

В анализе потока данных формируется выборка, как правило, в виде массива некоторой заданной длины N , которая преобразуется или подвергается первичному анализу. Затем из потока выхватывается очередная выборка, и процесс повторяется. Множество преобразованных периодических выборок образуют аналитический ансамбль, на основании которого проводится окончательный анализ, а технической системой принимаются конкретные решения.

В спектральном анализе в целях повышения разрешения и контрастности спектрограммы, представляющей спектральный аналитический ансамбль, выборка умножается на окно, в качестве которого чаще всего выступают прямоугольное окно, окно Хэмминга, Ханна (или Хеннинга), Блэкмана [2].

Проводя аналогию со спектральным анализом, в статистическом анализе понятия «окна» не существует. Это означает, что на практике применяется только прямоугольное окно. Поэтому, с целью унификации алгоритмов статистического и спектрального анализа как наиболее популярных инструментов в данной работе предлагается использовать «окно» и в статистическом анализе.

С учётом предложения использования «окна» (далее, корректирующего окна) алгоритм вычисления двухмерной гистограммы распределения плотности уровней квантования в потоке данных будет выглядеть так, как показано на рисунке 1. Отдельные операторы алгоритма рисунка 1 и синтаксис выражений ориентированы на Си-подобные языки программирования.

В алгоритме, не снижая общности рассуждений, моделируемый поток данных ограничен и представлен массивом $M[Q]$ достаточно большой, от нескольких десятков до сотен тысяч элементов, длины Q . Кроме массива $M[]$, моделирующего поток данных, в качестве входных параметров алгоритма выступают:

m_x и m_n – максимальное и минимальное значения массива $M[]$, определяющие диапазон изменения уровня квантования;

N – длина массива $f[]$ выборки;

$step$ – шаг выборок, определяющий их степень перекрытия, $0 < step \leq N$;

$win[N]$ – корректирующее окно как массив длиной N ;

QH – количество уровней квантования, определяющее длину массива одномерной гистограммы их плотности;

$R[256], G[256], B[256]$ – цветовая палитра.

Алгоритм возвращает цветное изображение $S[3][K][QH]$ двухмерной гистограммы с учётом стандартной палитры [3]. Три слоя массива $S[][][]$ определяют соответственно красный (первый слой, индекс «0» в 11-м блоке алгоритма), зелёный (второй слой, индекс «1» в 11-м блоке алгоритма) и синий (третий слой, индекс «2» в 11-м блоке алгоритма) компоненты в виде двухмерных матриц беззнаковых однобайтных целых значений в цветовой системе RGB888.

Действие корректирующего окна на входную выборку отражено в блоке 5 через умножение потоковых данных на элементы массива-окна $win[]$.

В блоках 6 и 9 вызываются стандартные функции $hist()$ вычисления классической

одномерной гистограммы плотности уровней квантования и $\max()$ определения максимального значения в массиве $h2D[K][QH]$ двумерной гистограммы без учёта цветовой палитры.

Результаты применения предложенного алгоритма к потокам оцифрованных данных внутренних шумов MEMS-акселерометра отражены на рисунках 2, (а) – 2, (е).

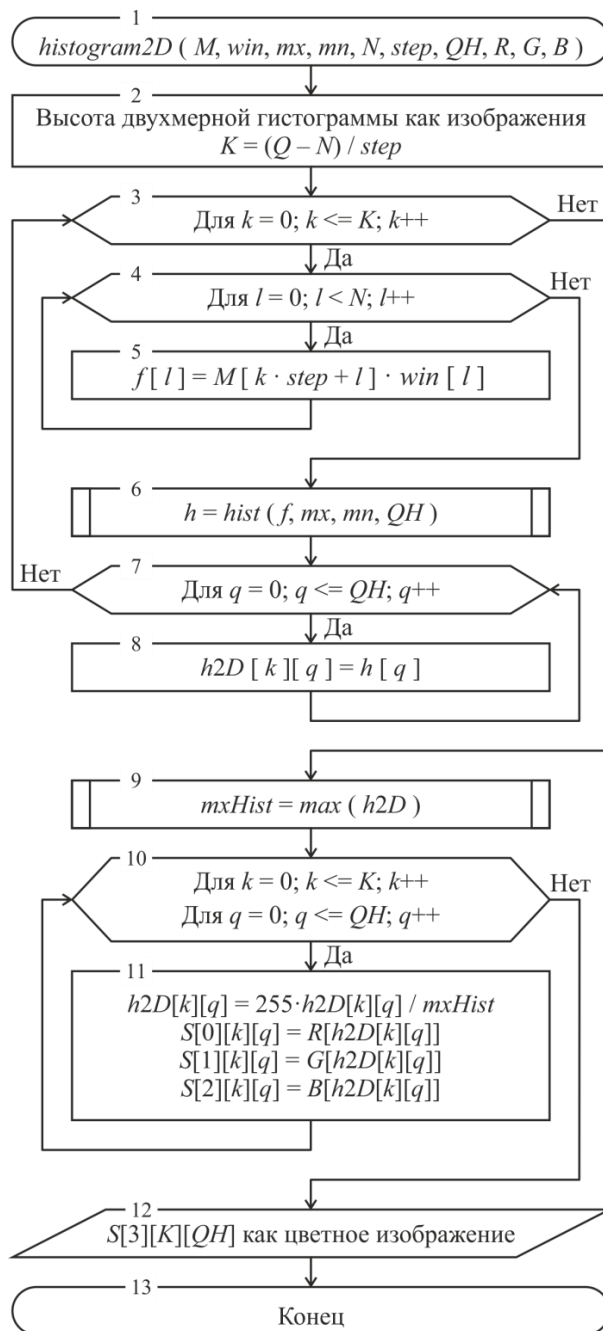


Рис 1. Схема алгоритма вычисления двумерной гистограммы плотности уровней квантования.

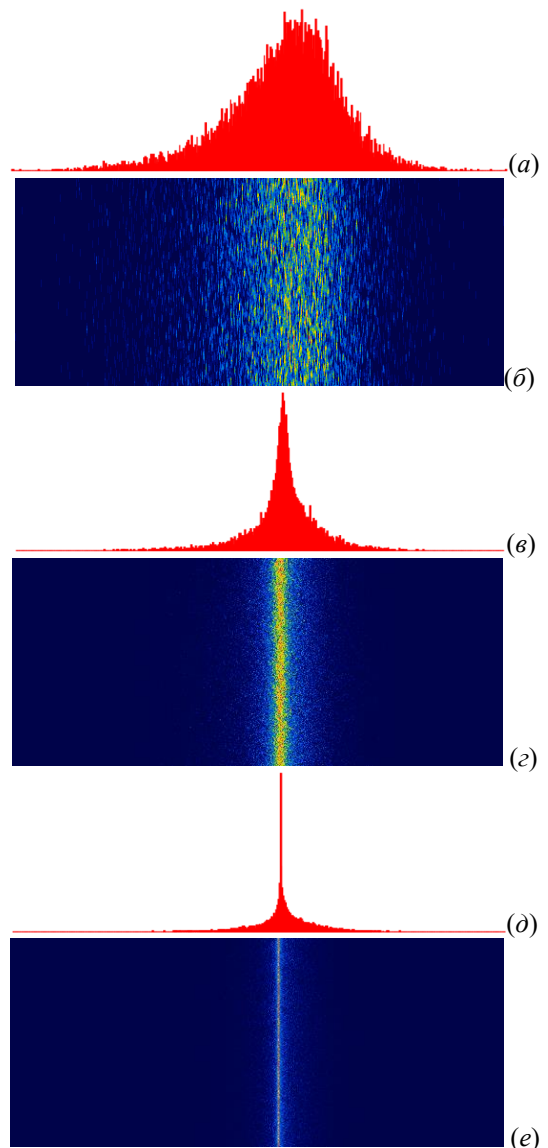


Рис 2. Гистограммы плотности шума акселерометра:

- (а) – одномерная с прямоугольным окном;
- (б) – двумерная с прямоугольным окном;
- (в) – одномерная с окном Хэмминга;
- (г) – двумерная с окном Хэмминга;
- (д) – одномерная с окном Хеннинга;
- (е) – двумерная с окном Хеннинга.

Исследуемый сигнал акселерометра представляет шум с асимметричным законом распределения. Знак ассиметрии, в отличие от вида распределения, не зависит от корректирующего окна. Из двумерных гистограмм рисунков 2, (б), (з), (е) видно, что процесс шума стационарный. Но гистограммы 2, (д) и 2, (е), построенные на базе окна Хеннинга, имеют меньшую ширину и большую контрастность, нежели гистограммы с применением иных, представленных на рисунках 2, (а) – 2, (з) корректирующих окон.

В целом, в работе, кроме прямоугольного, исследованы результаты действия наиболее распространённых корректирующих окон, таких как окно Хэмминга $wHm_l = 0.53836 - 0.46164 \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot l}{N-1}\right)$, Хеннинга $wHn_l = 0.5 \cdot \left(1 - \cos\left(\frac{2\pi \cdot l}{N-1}\right)\right)$ и Блэкмана $wB_l = \frac{1-\alpha}{2} - \frac{1}{2} \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot l}{N-1}\right) + \frac{\alpha}{2} \cdot \cos\left(\frac{4\pi \cdot l}{N-1}\right)$, $\alpha = 0.16$, $l = 0, 1, \dots, (N-1)$ (см. также блок 4 рисунка 1). Наилучшими показателями по разрешению и контрастности двумерных гистограмм обладают окна Хеннинга и Блэкмана.

Предложенный алгоритм найдёт применение в задачах потокового анализа данных на основе совместного спектрально-статистического инструментария. Он позволит унифицировать и упростить алгоритм анализа с точки зрения программы, где не требуется дополнительной проверки типа анализа (статистического или спектрального) на каждой итерации, особенно при необходимости детектирования нестационарных процессов.

Литература

1. Зуев, В. А. Методика статистического анализа характеристик входных потоков запросов в системах обработки информации / В. А. Зуев, А. Н. Панфилов, А. Н. Скоба // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». – 2015. – № 2. – [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_44_zuev.pdf_737bf9b28b.pdf.
2. Волосюк, В. К. Использование новых окон Кравченко при гармоническом анализе методом дискретного преобразования Фурье / В. К. Волосюк, В. В. Павликов, В. Ю. Севостьянов // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2007. – № 1 (20). – С. 5 – 11. – [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/recs_2007_1_3.pdf.
3. Ролич, О.Ч. Тепловой контроль работы двигателя на основе статистического анализа сигналов болометра / О.Ч. Ролич, В.Е. Тарасенко, В.С. Ивашко // Изобретатель. – 2019. – № 2-3 – С. 40 – 44.

УДК 338.27

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ В БИЗНЕСЕ

студент гр. 914301 Соломкина Ю. С.

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

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Экономика современных предприятий не может полноценно функционировать без информации [1]. На сегодняшний день бизнес-процессы в информационных компаниях часто проходят без участия людей. Интеллектуальные машины самостоятельно следят за исполнением контрактов, контролируют производство, логистику, экономя при этом значительные финансовые суммы. Так работают интеллектуальные компании как

новый эволюционный тип организации бизнеса, зарождение которого сейчас и наблюдается. Интеллектуальные системы стремительно разрабатываются и совершенствуются, что выступает основным катализатором электронной организации бизнеса.

В различные периоды и эпохи, которые переживали организации и общество в целом, управление менялось, но, несмотря на глубокое проникновение современных технологий в жизнь компаний, многие бизнес-процессы в них до сих пор остаются рутинными. Хотя машины и выполняют значительную часть операций, все ключевые действия совершает человек. Он же принимает решения, руководствуясь отлаженными алгоритмами.

Но в последнее десятилетие управление организацией и людьми стало аналитическим [2]. Происходит взрывной прогресс в области технологий, что предоставляет возможность для прорыва. Речь идёт, прежде всего, об анализе больших данных, машинном обучении, искусственном интеллекте, роботизации. Появляется всё больше интеллектуальных компаний, в которых после внедрения интеллектуальных систем машины начинают полностью заменять ручной труд в бизнес-процессах.

Но переход на цифровые инструменты в некоторых бизнес-процессах не переводит компанию в разряд интеллектуальных. Чтобы считаться таковой, она должна отвечать трём условиям, перечисленным в таблице 1.

Таблица 1. Условия интеллектуальной компании.

Номер	Условия
1	Внедрение автоматизированного сбора и передачи информации с датчиков в режиме реального времени хотя бы в одном бизнес-процессе
2	Роботизация и исключение участия человека в рутинных операциях с физическими объектами
3	Применение технологии обработки больших данных для принятия решений

В качестве примера выполнения второго условия может выступать склад, где все манипуляции с товарами совершают автономные машины-погрузчики. О каждой операции они сообщают автоматизированной системе сбора данных, которая запоминает актуальное положение и анализирует состояние каждого товара в любой момент времени.

Для выполнения третьего условия таблицы 1 интеллектуальные бизнес-системы аккумулируют информацию о процессах, например, о производстве и продажах, и создают на её основе прогнозные сценарии. Они оптимизируют деятельность предприятия и повышают его прибыль. Так, система самостоятельно может определить наличие данных о росте спроса и инициировать увеличение производства по всей его цепочке.

Интеллектуальные системы быстро обнаруживают и прогнозируют неликвидные товары [3]. Вычислить уже имеющиеся неликвидные товары достаточно просто. Но для прогнозирования товарных позиций, которые в будущем станут неликвидными и заморозят оборотные средства, необходимы либо аналитики финансового отдела, либо искусственный интеллект. На основе данных о текущем и историческом спросе, внешних экономических факторах, движении товара и условиях его хранения интеллектуальные системы заранее находят потенциальные неликвидные товары и рекомендуют варианты действия с ним. Причём, в отличие от аналитиков-людей, которые следят за ситуацией лишь периодически, технологические решения делают это постоянно.

Очевидно, что ни одна автоматизированная система полностью не заменит человека. Ни одна современная система не сможет принимать решения за руководителя, работающего с людьми в конкретных условиях организации и рынка в целом. Это связано с огромным количеством аспектов и динамически меняющихся моделей поведения, а также нескольких тысяч факторов в сфере управления персоналом, не способных быть учтены, пожалуй, ни в одной современной системе.

Тем не менее, информационные продукты помогают обнаруживать причинно-следственные связи в бизнес-процессах и находить решения проблем управления человеческим ресурсом организации. Разработчики стараются не перегружать пользователей (сотрудников) информацией и отчётами. Они выявляют необходимый минимум, который позволит принять верное решение сотруднику. Информационная база организации служит основой принятия управленческих решений. И потому она должна аккумулировать только достоверную, точную, полезную информацию. Ошибки или недостоверность информации могут привести к неверным действиям руководителя, что в целом негативно отразится на организации.

Касательно перспектив развития интеллектуальных бизнес-систем, среди основных задач в этом направлении фигурирует объединение возможностей информационных систем управления, систем анализа и интеллектуальных систем. Достаточно глубоко данную область исследовал Ю. В. Ипатов, научные работы которого посвящены созданию и внедрению интеллектуальной системы управленческого учёта на предприятии [4, 5]. В них реализована идея использования в интеллектуальных системах управления экспертных систем и элементов систем поддержки принятия решений, т.е. сделан шаг в направлении создания интеллектуальных интегрированных систем управления.

Созданная Ю.В. Ипатовым концепция управления предусматривает, в частности, реализацию баз знаний с механизмами логического вывода, подсистем аналитических расчётов и «свёртки», т.е. накопления, вычисления интегральных характеристик массивов данных и распознавания в них эталонов поведения для оценки хозяйственно-экономической деятельности предприятия.

Любое производство представляется в виде последовательности операций, в которую, помимо производственных, входят организационные процессы, процессы планирования, сырьевого и финансового обеспечения и т.д. В рамках концепции Ю. В. Ипатова сегодня разработаны и реализованы в виде мощных инструментальных средств, которыми являются интеллектуальные системы управления, типовые средства планирования и распределения ресурсов, управления многопрофильным производством и корпорациями. С их помощью автоматизируется планирование, учёт, контроль и анализ бизнес-процессов предприятия [4].

Основными программными инструментами современного планирования и принятия грамотных управленческих решений на предприятии являются MRP (или Material Requirements Planning) и ERP (Enterprise Resource Planning) системы. Суть их функционирования схематично представлена на рисунке 1. Главной задачей MRP-системы планирования материальных потребностей является обеспечение наличия требуемого количества необходимых ресурсов в заданных границах производственного процесса. В то время, как MRP-программы, обрабатывающие входные данные и формирующие на выходе соответствующие результаты, уделяют внимание только производству, оптимизируя его и уменьшая тем самым производственные затраты, ERP-системы позволяют эффективно планировать бизнес-процессы, контролировать и анализировать основные финансовые и отчётные операции. Интеграция MRP и ERP систем призвана автоматизировать все процессы предприятия, среди которых присутствуют управление финансами, план-график выпуска продукции, определение состава конечного изделия и материальных ресурсов, необходимых для его изготовления.

Использование MRP / ERP систем
 позволяет обеспечить более эффективное управление производством за счёт:



Рис 1. MRP / ERP системы.

Дальнейший качественный скачок в развитии MRP / ERP систем лежит на пути интеграции их интеллектуальных возможностей, а именно, в эффективном соединении возможностей экспертных технологий управления с возможностями современных информационных систем и компьютерных технологий. Таким образом формируется будущее следующего поколения интегрированных систем управления, представляющее новую эру в организации бизнес-процессов.

Литература

1. Демьяненко, В. Аналитические модели организации как инструменты управления изменениями / В. Демьяненко [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://www.cfin.ru/management/strategy/change/model.shtml>.
2. Абдуллаева Т. К., Дустова Д. Д. Интеллектуальные системы бизнес-аналитики // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 11. – С. 1271–1275. – [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <http://e-koncept.ru/2016/86274.htm>.
3. Ипатов, Ю. В. Разработка и внедрение интеллектуальной системы управленческого учёта металлургического предприятия: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01 / Ю. В. Ипатов // Московский государственный институт стали и сплавов (технологический университет) – М., 2003. – 22 с.
4. Литвак, Б. Г. Использование интеллектуальных систем в интегрированных системах управления [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: http://www.bglitvak.ru/?page_id=95.

УДК 004.032.26

КАСКАДНЫЙ МЕХАНИЗМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В РАСПОЗНАВАНИИ ОБРАЗОВ МОЛОЧНЫХ ПИТЬЕВЫХ ПРОДУКТОВ ОТЕ- ЧЕСТВЕННЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

студент гр. 914301 Чернышенко М. С.

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

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
 Минск, Беларусь

Распознавание образов относится к задачам со сложной формализованностью (постановкой). Это обосновано, в частности, случайностью и нестационарностью поведения объектов, образы которых подлежат распознаванию. Сложно формализованные задачи рекомендуется решать на основе искусственных нейронных сетей [1, 2].

Одним из трудоёмких этапов работы с нейронными сетями является процесс их обучения, неразрывно связанный с обучающими множествами (dataset) [3]. На сегодняшний день иностранными компаниями в области искусственного интеллекта предлагается огромное количество обучающих множеств – образов овощей и фруктов, канцелярских предметов, мебели, напитков и наиболее распространённых предметов обихода. Предлагаемые стандартные обучающие множества легко встраиваются в системы разработки современных программных приложений.

Но часто возникает необходимость в коррекции и доработке имеющихся dataset-множеств. Так, в задаче «умного холодильника» присутствует потребность в создании обучающих множеств питьевых продуктов отечественных производителей.

В работе исследуется способ обучения (или тренировки) и применения каскадного классификатора в распознавании отечественной молочной продукции. Инструментом решения поставленной задачи служат каскады Хаара библиотеки OpenCV [4].

Тренировка каскадов Хаара базируется на модели машинного обучения как частного случая модели чёрного ящика, которая всецело поддерживает принцип абстракции в программировании и предоставляет разделение интерфейса и внутренней реализации. Исходно модель машинного обучения выдаёт случайные векторы-предположения. Для получения желаемого выходного результата модель тренируется путём подачи на её входы несколько сотен или примерно тысячу исходных данных с заранее заданным правильным выходом для каждого примера. После подачи достаточного количества примеров обученная модель в состоянии выдавать правильные решения.

В качестве данных, подаваемых на вход модели, используются изображения пакетов молока «Молочный гостинец», а ожидаемых выходных данных – образы тех же молочных пакетов, но заключённые в прямоугольную область.

Для тренировки модели использована библиотека OpenCV, которая работает с двумя типами каскадных классификаторов: каскадами Хаара (Haar cascade) и локальными бинарными шаблонами (Local Binary Patterns, LBP). В большинстве случаев каскады Хаара дают более точный результат, но LBP более быстрый в обучении, что является немаловажным фактором, т.к. процесс тренировки модели может занимать от нескольких секунд до нескольких часов и даже суток.

Принцип работы каскада Хаара заключается в поиске характерных особенностей внутри изображения на разных его слоях. На верхних слоях осуществляется поиск объектов, охватывающих почти полное окно с изображением, а на нижних слоях ищутся очень мелкие детали. Такой алгоритм позволяет конечной обученной модели достаточно быстро обнаруживать объекты в реальном времени вследствие фильтрации областей изображения в верхних слоях. В то же время, модель тратит больше времени на анализ областей нижних слоёв с мелкими деталями.

При создании каскада Хаара и его использовании для распознавания образов на базе библиотеки компьютерного зрения OpenCV основная сложность заключается в сборе данных для обучения модели. Получение удовлетворительного результата работы модели требует большого количества качественных данных двух типов: положительных изображений (positive images) с объектами для дальнейшего обнаружения и отрицательных изображений (negative images) в виде фона без объектов.

В связи с тем, что для тренировки модели алгоритм машинного обучения должен достоверно отделять объект от других образов, проработано множество положительных изображений при разных ракурсах, освещении и нескольких видах фона. В точности финального детектора ключевую роль играет качество данных и разрешение изображения.

В целом, в методике каскадного машинного обучения на базе библиотеки OpenCV можно выделить следующие пять шагов.

1. *Сбор положительных и отрицательных образцов.* Выполнение данного шага сопровождается несколькими короткими видео с образцами пакета молока «Молочный гостинец» на разном фоне. Затем видео делится на 300 кадров, и изображение каждого

кадра приводится к разрешению 640 x 320 пикселей без изменения пропорций. Аналогичным образом создаётся коллекция из 600 отрицательных изображений; при этом образцами служат все варианты заднего плана, на которых располагается пакет с молоком при создании положительной выборки.

2. *Запись результирующих изображений в файлы.* Библиотека компьютерного зрения OpenCV предоставляет официальное руководство по созданию каскада Хаара, и для выбранного языка программирования python предлагает три программы на разных этапах создания каскада: `opencv_annotations.exe`, `opencv_createsamples.exe` и `opencv_traincascade.exe`.

Поэтому, для выполнения данного шага создаётся текстовый документ с перечнем полных имён отрицательных изображений. Создание подобного файла реализуется функцией `generate_negative_description_file()` на языке python:

```
def generate_negative_description_file():
    # открытие файла для записи, перезапишет все существующие данные в него
    with open('neg.txt', 'w') as f:
        # прохожусь циклом по каждому имени файла
        for filename in os.listdir('negative'):
            f.write('negative/' + filename + '\n')
```

В результате работы этой функции создаётся текстовый документ «neg.txt» (или перезаписывается, если он существовал ранее). Цикл «for» проходит по всем именам в папке с отрицательными образцами, и для каждого изображения в файле прописывается строка в виде полного пути к файлу.

Аналогичный текстовый документ создаётся для положительных образцов. Но в этом случае, кроме полного пути к изображениям, в каждой соответствующей строке прописывается количество целевых объектов и параметры ограничивающих их прямоугольников. Программа `opencv_annotations.exe` позволяет проходить по каждому изображению в папке и отрисовывать прямоугольники вокруг каждого целевого объекта, а затем записывать новые данные в текстовый документ «pos.txt».

3. *Создание векторного файла.* Файл «pos.vec» создаётся утилитой `opencv_createsamples` как команды в терминале с параметрами размеров окна обнаружения целевого объекта, означающее, что изображение с меньшими размерами обнаруживаться не будет.

4. *Обучение (или тренировка) модели.* Модели демонстрируется случайное изображение, которое будет либо положительным, либо отрицательным. Она делает предварительное предсказание его типа (положительное или отрицательное). После этого получает ответ правильности предсказания: верное или ошибочное. Основываясь на результатах предсказаний, модель корректирует свою работу. Такой цикл повторяется несколько сотен раз – на каждой итерации обучения модель анализирует изображение, пытается его классифицировать, получает ответ, проводит корректировку, и с каждым разом результат предсказания становится точнее.

Тренировка модели осуществляется только на собранных и упорядоченных данных, результат тренировки сохраняется в папке «cascade». Утилита `opencv_traincascade` обучает модель за определённое количество шагов. Чем больше шагов, тем более точной будет модель в обнаружении объектов. Однако следует избегать перетренировки, т.к. в этом случае объект будет обнаруживаться только при нахождении в условиях из коллекции позитивных образцов.

Модель молочного питьевого продукта «Молочный гостинец» обучалась в среднем за 9 шагов, или по времени за 31 секунду. На выходе, т.е. после обучения в папке «cascade» создаётся файл `cascade.xml` xml-формата.

5. *Тестирование созданного каскада Хаара.* В библиотеке OpenCV имеется готовый класс `CascadeClassifier`, который работает с полным именем каскада. С помощью

метода detectMultiScale запускается процесс распознавания объекта в видеопотоке. Используя натренированную модель, он возвращает список прямоугольников, указывающих на все объекты, которые модель обучена находить. С помощью другого метода все обнаруженные объекты будут обводиться в прямоугольники в режиме реального времени.

Обученный каскад достоверно, на уровне 87% распознаёт пищевой продукт «Молочный гостинец». Для повышения точности распознавания рекомендуется увеличивать количество положительных и отрицательных образцов, а также варьировать число шагов обучения.

В целом, применение компьютерного зрения совместно с машинным обучением перспективно в таких областях науки, техники и экономики, как банковская система с целью выявления фальшивых купюр и предотвращения мошенничества, биометрия зрения для идентификации без вести пропавших людей по узорам радужной оболочки глаза, медицина с целью выявления проблемных областей в печени и мозге у больных раком, «умные автомобили» для идентификации объектов и людей.

Литература

1. Галушкин, А. И. Нейронные сети [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: https://bigenc.ru/technology_and_technique/text/4114009.

2. Гафаров, Ф. М. Искусственные нейронные сети и их приложения: учеб. пособие / Ф. М. Гафаров, А. Ф. Галимянов. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2018. – 121 с. – [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: https://kpfu.ru/staff_files/F1493580427/NejronGafGal.pdf.

3. Нигматуллин, В. Р. Использование методов машинного обучения и искусственного интеллекта в химической технологии / В. Р. Нигматуллин, Н. А. Руднев // Нефтегазовое дело. – 2019. – № 5. – С. 202 – 238. – [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/5_2019/ogbus_5_2019_p202-238.pdf.

4. Обучение OpenCV каскада Хаара [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/208092/>.

УДК 004.418

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РАБОЧИМИ ПРОЦЕССАМИ ПРОИЗВОДСТВЕННО-КОММЕРЧЕСКОЙ КОМПАНИИ

студент Модников М.Ю.

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

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

Оптимизация рабочих процессов производственно-коммерческой компании является одной из важнейших задач для обеспечения конкурентоспособности и своевременного отклика на изменения со стороны конкурирующих организаций. Для оптимизации производственно-коммерческой деятельности организации не существует унифицированного решения. Каждое существующее на рынке решение направлено на определённую узкую область деятельности и требует индивидуальной настройки для каждой отдельной компании. Любой бизнес имеет свои неэффективно настроенные области, без оптимизации которых невозможно дальнейшее развитие организации.

К таким областям бизнеса можно отнести следующее:

- сбор и анализ данных;
- доставка товара;
- работа с клиентами;

- производство;
- хранение товара (склад);
- и т.д.

Задача оптимизации бизнеса – минимизировать влияние неэффективных областей на бизнес в целом или вовсе их устранение. Т.к. у каждой компании будет свой набор таких областей, возьмём для реализации задач интеллектуального управления процессами реальную компанию – ООО «Модников», которая занимается производством и торговлей автомобильными запчастями. В данной компании для всех рабочих процессов (хранение и обработка данных, работа с клиентами, производство запчастей, хранение товара/склад) используется программное обеспечение 1С. В настоящее время сбор и обработка информации производится вручную и занимает много времени, не позволяя нарастить объёмы продаж и производства.

Проанализировав текущую информационную и техническую составляющие данной организации, был составлен ряд подзадач для оптимизации, а именно:

- заполнение недостающего или дополнение текущего контента товара в номенклатуре компании с целью дальнейшей корректировки и размещения на сайте организации;
- автоматизация сбора информации о товаре, включая характеристики и цены;
- оптимизация обработки, полученной информации, а также анализа, полученных цен и формирования предложения по их корректировке;
- автоматизация формирования заказа у поставщиков;
- анализ динамики продаж, опирающийся на базу данных организации.

Номенклатура компании включает в себя более 25000 разнообразных позиций и собирать вручную данные пришлось бы достаточно долго, учитывая то, что доверенных источников несколько и данные следует сопоставлять друг с другом из различных источников. Самый оптимальный метод автоматизированного сбора информации из веб-ресурсов – веб-скрапинг. Веб-скрапинг – это сбор данных с помощью любых средств, кроме программ, использующих API (или человека, использующего веб-браузер) [1]. Существующие парсеры не покрывают одновременно все нужды компании в информации и её обработке, поэтому было принято решение о написании своего программного обеспечения для сбора, обработки и анализа данных. Для написания данного ПО были использованы следующие инструменты: Python 3.8.3, Selenium 3.141.0, PyQt5, QtDesigner.

Далее приведена упрощенная блок-схема программного обеспечения, выполняющей все поставленные задачи (Рис.1).

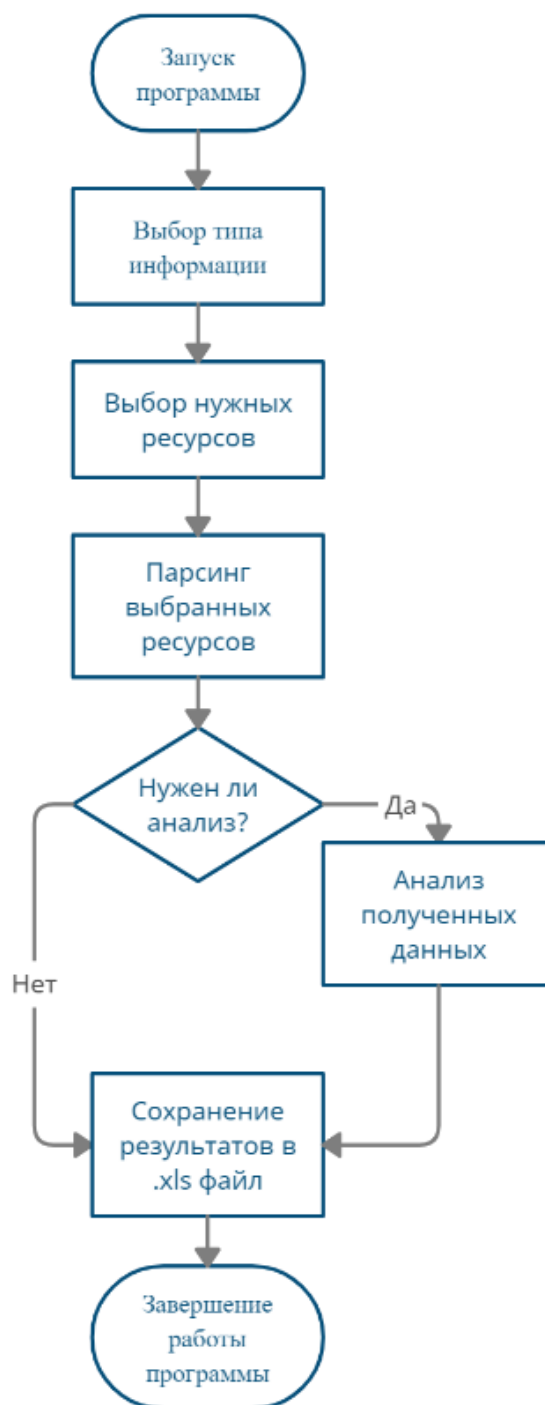


Рис.1

Для анализа продаж были сняты отчеты за последние 10 лет, разбитые по месяцам, включающие данные о наличии товара на начало месяца и продажи за данный период. Суть алгоритма заключается в помесячной классификации товара с последующим изменением его весового коэффициента для выведения конечного класса, учитывающего динамику продаж за предыдущие периоды, что позволяет исключить случайные/единичные уменьшения или повышения продаж ввиду того, что товара не было в наличии или он продан впервые за 10 лет. Алгоритм анализа продаж, который учитывает продажи товара в прошлом, а также его наличие в определённые моменты времени, представлен на Рис.2.

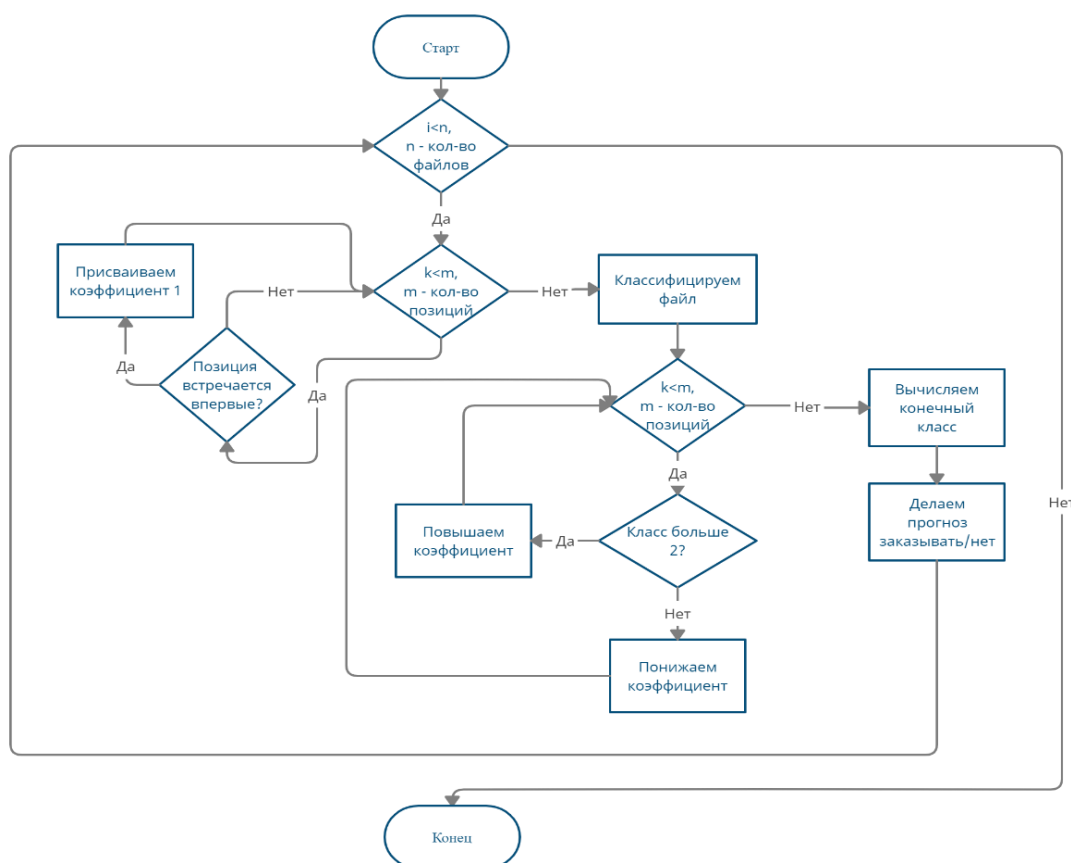


Рис.2

Произведенные шаги позволили существенно ускорить процессы сбора и анализа информации, что в свою очередь позволило быстрее реагировать на изменения на рынке. Реализованный алгоритм анализа продаж позволил эффективнее принимать решение по целесообразности заказа той или иной позиции.

Литература

1. Р. Митчелл. Скрапинг веб-сайтов с помощью Python. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 14 с.

УДК 004.93

СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ ПРИ ИНТЕРАКТИВНОМ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ

студент Медведев В. М.,

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

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

В данной работе представлена интерактивная пользовательская система, основанная на алгоритмах распознавания и идентификации личности по лицу. На основе поставленных требований и технических возможностей системы проанализированы существующие алгоритмы распознавания и их недостатки, существенно влияющие на качество. В работе предложена архитектура разрабатываемой системы с разделением по ключевым модулям, а также представлены рекомендации по подбору параметров исследуемых моделей для повышения точности распознавания и идентификации лица в реальном времени по видеопотоку.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕРАКТИВНОЙ СИСТЕМЫ

В качестве системы для проектирования был выбран интерактивный домашний помощник (рис. 1). К числу основных требований относятся: многопоточность (одновременная обработка лиц нескольких пользователей), хорошее качество распознавания, устойчивость к шумам во входных данных, производительность и защищенность данных.

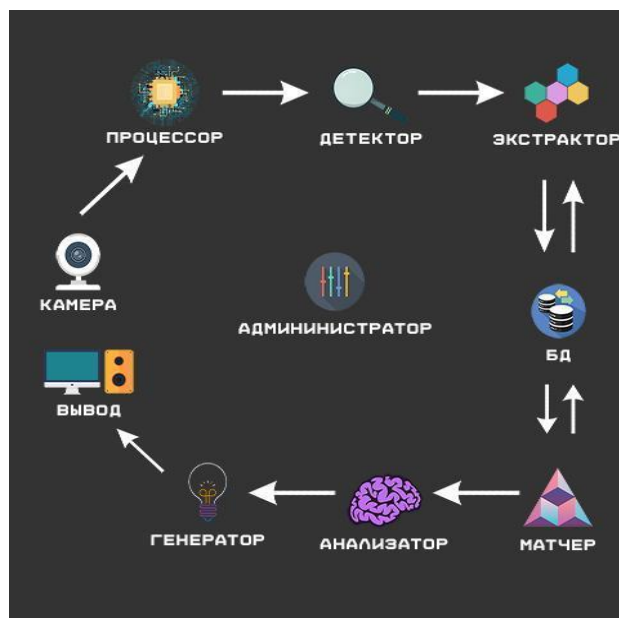


Рис. 1. Архитектура будущей интерактивной системы

Архитектура системы состоит из следующих компонентов:

- Камера. Используется для подачи непрерывного видеопотока на процессор.
- Процессор. Получает видеопоток с камеры, преобразовывает его в кадры, нормализует, центрирует, и осуществляет другую предварительную обработку для улучшения качества дальнейшего детектирования. При этом от видеопотока отделяется аудио и формируется спектрограмма.
- Детектор. Получает кадры и спектрограмму, осуществляет поиск лица в кадре и выделяет его с использованием метода Виолы-Джонса и каскадов Хаара [1]. В спектрограмме осуществляется отделение говорящих. Обычно детектор содержит обнаружение торцевых кромок изображения, сегментацию и локализацию.
- Экстрактор. Здесь выделяются шаблоны для каждого лица и речь говорящего, которые затем передаются на вход в матчер. Шаблон для лица – это некоторое представление ключевых точек или текстуры, а для речи – фонемы и форманты [2]. В зависимости от используемой в системе модели экстрактор и матчер могут быть объединены.
- Матчер. Представляет собой алгоритм для сопоставления лица и речи с данными в базе. Получает на вход шаблон лица и речь говорящего от экстрактора и сопоставляет его с данными в базе. На выходе образуется метка, например, имя человека, и границы лица. Отправляет результат работы модулю администрирования.
- Анализатор. После успешной идентификации анализирует полученные данные: эмоции, окружение, речь. Анализатор состоит из двух частей. Первая часть от-

вечает за преобразование данных в текстовый вид, а вторая – за структурирование полученной информации и выделение значимых частей. После этого он создает приоритет генерации интерактива и передает данные генератору в виде готового набора команд.

- Генератор. На основе полученной информации от анализатора взаимодействует с пользователем при помощи устройств вывода.
- Модуль администрирования. Контролирует весь процесс работы системы, отвечает за добавление новых пользователей в систему и дает команду к анализу полученной информации. Обрабатывает нештатные ситуации и взаимодействует с пользователем через приложение.

Система должна уметь распознавать действия в ситуации, когда личность не распознана, и немедленно оповещать об этом владельца через администратора. Для ускорения работы алгоритма в системе распознавания можно использовать структуры данных на основе k-d или VP деревьев.

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ РАСПОЗНАВАНИЯ

Алгоритм Виолы-Джонса.

Алгоритм разработан для фронтальных изображений лица, поэтому плохо определяет лица, повернутые вбок, вверх или вниз, а при изменении освещения лица алгоритм и вовсе перестает работать (рис. 2). Несмотря на эти недостатки алгоритм до сих пор является одним из самых быстрых и популярных для задач классификации, но медленным при обучении.

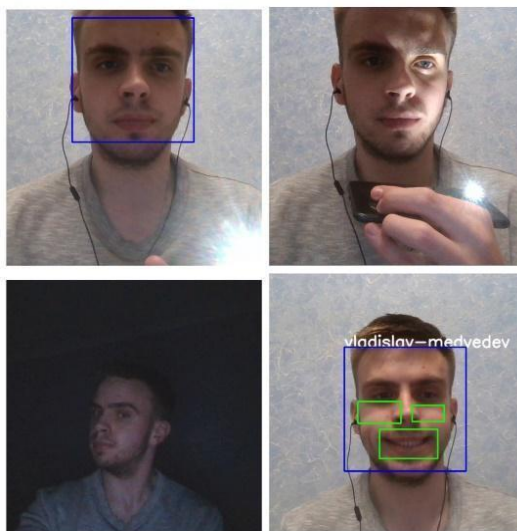


Рис. 2. Результат распознавания алгоритмом Виолы-Джонса

Метод главных компонент.

Получаемый вектор признаков в результате работы метода главных компонент может использоваться для последующего сравнения с вектором, имеющимся в базе данных. Проблемы распознавания схожи с проблемами в алгоритме Виола-Джонса за исключением того, что метод главных компонент неплохо работает в случаях, когда лицо частично скрыто. Но при плохой освещенности он начинает ошибаться, неверно идентифицируя человека.

Методы на основе глубокого обучения. FaceNet

FaceNet инвариантна к освещению, позе и другим изменениям. Хорошее качество распознавания наблюдается также при наличии на лице посторонних предметов и в случае отдаления от камеры (рис. 3). Если использовать в базе данных небольшое количество изображений, сеть может колебаться между пользователями, что не очень хорошо.

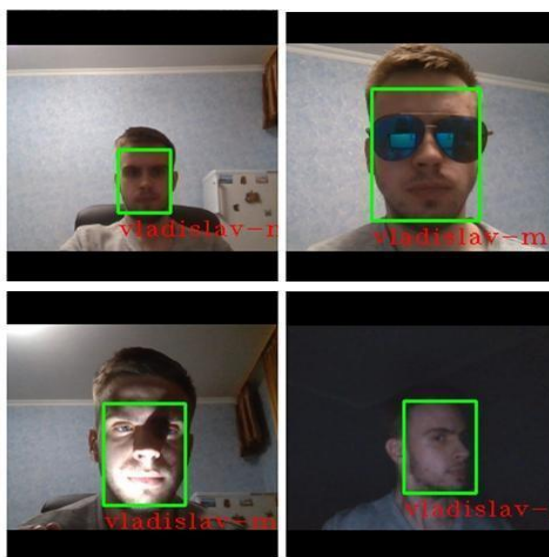


Рис.3. Результат распознавания FaceNet

Наиболее существенный минус FaceNet – это ошибочная идентификация при появлении нового пользователя, лицо которого воспринимается как одно из лиц, существующих в базе.

Таким образом, алгоритмы распознавания по лицу позволяют перейти к интерактивным системам нового уровня, не требующим прямого воздействия пользователя. В таких системах не удастся добиться полного совпадения лица в базе данных с лицом, поступающим на вход распознавателя, из-за постоянного перемещения человека в пространстве. Поэтому рациональнее применять алгоритмы, основанные на поиске по подобию. Помимо проблем с перемещением, распознавателю на стадии обучения нужно подавать различные модификации лица (положение головы, лицо с аксессуарами и под разными углами освещения) для получения хорошего качества идентификации, а в качестве алгоритмов распознавания стоит использовать модели глубокого обучения, которые зарекомендовали себя как модели, имеющие высокую точность распознавания.

Литература

1. Viola P., Jones M. Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cs.cmu.edu/~efros/courses/LBMV07/Papers/viola-cvpr-01.pdf> (data of access: 06.04.2020).
2. Coxhead P. Phones and Phonemes [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cs.bham.ac.uk/~pxc/nlp/NLPA-Phon1.pdf> (data of access: 17.05.2020).

**ПОДГОТОВКА ИЗОБРАЖЕНИЙ ОТПЕЧАТКОВ ПАЛЬЦЕВ
К ХРАНЕНИЮ В БАЗЕ ДАННЫХ ДАКТИЛОСКОПИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

студент Сивенкова В.Н.,

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук Козлова Е.И.

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

Защита любого объекта включает в себя много этапов. Во всех случаях важной составляющей является система управления и контроля доступа (СКУД) на объект. Для верификации и идентификации используются биометрические системы. И в любой биометрической системе должна быть база данных, в которой хранится нужный набор биометрических характеристик. В задаче идентификации роль системы состоит в том, чтобы сравнить входные данные со всеми записями в базе данных и проверить, есть ли совпадение, таким образом определяется присутствие человека в базе данных. В задаче верификации алгоритм проверяет, является ли человек тем, за кого себя выдает. Для сравнения любых биометрических характеристик необходимо представить их в определенном виде. Например, невозможно напрямую сравнивать изображения двух отпечатков пальца, так как приложить палец к сканеру в двух одинаковых положениях в разных случаях практически невозможно. Таким образом, возникает задача сравнения немного отличающихся друг от друга изображений одного и того же объекта. Решение этой задачи можно разделить на две части: во-первых, представить характерные черты отпечатка в воспроизводимой и стабильной форме; во-вторых, решить задачу сравнения отпечатков, чтобы пользователя можно было точно распознать. Эти два вопроса лежат в основе любой биометрической системы и сейчас очень активно исследуются. В данной работе рассматривается первая задача – представление характерных черт отпечатка пальца в воспроизводимой и стабильной форме [1].

Для сбора отпечатков пальцев с целью их последующей обработки и хранения в базе данных в данной работе использовался оптический сканер BioMini Plus 2. Пример полученного изображения отпечатка пальца с данного сканера приведен на рисунке 1а.

При получении изображения отпечатка пальца на качество изображения влияет множество различных факторов, например, шрамы на пальце, возраст человека; паразитические вещества (вода, жир, грязь и т. д.); температура (расширение, сжатие), влажность. Они снижают качество полученного изображения и увеличивают количество ошибок. Для надежного и правильного распознавания отпечатка пальца входное изображение должно быть максимально четким, что достигается на этапе предварительной обработки. Данный этап включает в себя ряд математических операций, для каждого из которых в ходе работы были разработаны функции на языке Matlab. Далее рассмотрим подробнее каждый из этапов.

Нормализация. Операция нормализации позволяет увеличить контрастность полученного со сканера изображения с помощью определенного изменения уровней серого, не затрагивая полезную информацию, содержащуюся в изображении отпечатка пальца (рис. 1б) [2].

Бинаризация. Операция бинаризации направлена на минимизацию шума, присутствующего на изображении, а также на центрирование полезной информации, которая будет использоваться на этапе сравнения. Информация, которую необходимо извлечь из отпечатка является двоичной: выступы папиллярных линий и впадины. Итак, на данном этапе происходит преобразование изображения из 256-уровневого в двухуровневое, которое несет в себе ту же информацию. Обычно пикселю папиллярной линии присваивается значение «1», а пикселю впадины значение «0». Таким образом, двоичное изображение

создается путем «раскрашивания» каждого пикселя в белый или черный цвет в зависимости от метки пикселя (черный для впадин, белый для выступов папиллярных линий) (рис. 1б) [2].



Рис 1. Изображение, полученное со сканера отпечатка пальцев (а), изображение после нормализации (б) и бинаризованное изображение (в).

Получение карты направлений. Получение карты направлений состоит из двух этапов: оценка ориентации и сглаживание карты направлений. На этапе оценки ориентации определяется ориентация каждого пикселя, содержащегося в отпечатке пальца. В том случае, когда входное изображение слишком зашумленное, можно получить ложные результаты. В таком случае можно отметить наличие вертикальных линий на карте направлений, у которых нет направления. Для устранения таких неоднородностей можно применить фильтр нижних частот к карте направлений. Карта направлений для обрабатываемого изображения отпечатка пальца приведена на рисунке 2а.

Выделение зоны интереса. После получения карты направлений можно получить изображение зоны интереса, в которой черным цветом выделены границы изображения, белым – края зоны интереса отпечатка пальца, а серым – сама зона интереса (рис. 2б).

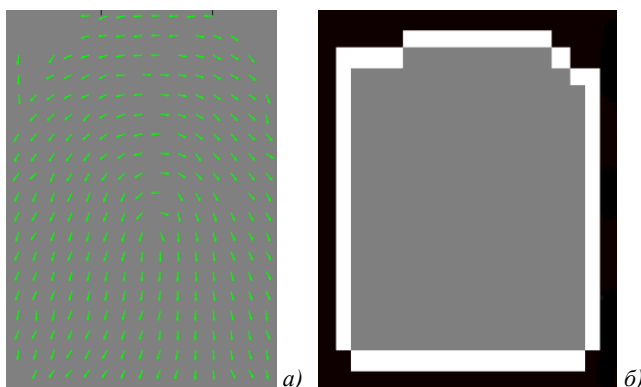


Рис 2. Карта направлений (а) и зона интереса отпечатка пальца (б).

Скелетизация. Процедура выделения скелета представляет собой утончение папиллярных линий для устранения лишних пикселей до того момента, пока линии не будут иметь ширину равную одному пикселю (рис. 3а).

Выделение особых точек. Существует ряд методов выделения особых точек. В данной работе использовался один из них – метод, основанный на количестве пересечений (Crossing Number Based). Особые точки извлекаются путем сканирования локальной окрестности каждого пикселя папиллярной линии окном 3x3. Количество пересечений

определяется как половина суммы разностей между парами соседних пикселей. Посчитав значения CN, каждый пиксель может быть классифицирован как один из видов особых точек. Изображение отпечатка пальца с выделенными особыми точками приведено на рисунке 3б [3].

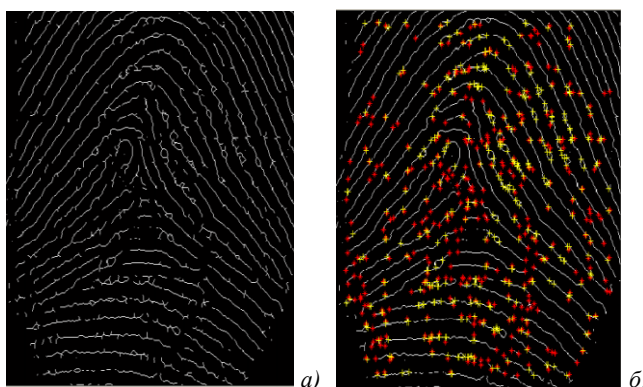


Рис 3. Изображение отпечатка пальца после процедуры скелетизации (а) и изображение отпечатка пальцев с выделенными особыми точками (б).

Таким образом, в ходе работы полученные со сканера отпечатков пальцев изображения прошли этапы предварительной обработки и на заключительном этапе были выделены особые точки, координаты которых можно хранить в базе данных дактилоскопических изображений.

Литература

1. Задорожный В., “Идентификация по отпечаткам пальцев”, Часть 1, 2004.
2. Farah Dhib Tatar, Mohsen Machhout, Preprocessing algorithm for digital fingerprint image, International Journal of Computational Science and Information Technology (IJCSITY) Vol.6, No.1/2/3, August 2018.
3. Roli Bansal , Priti Sehgal, Punam Bedi, Minutiae Extraction from Fingerprint Images, International Journal of Computer Science Issues, Vol. 8, Issue 5, No 3, September 2011.

УДК 004.92

СОЗДАНИЕ ИГРОВОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА UNITY

студентка Тарасевич К.С.,

Научный руководитель - доктор техн. наук Безродный А.А.

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

Игровая индустрия стремительно вливается в жизнь человека, что в совокупности с информатизацией общества вызывает экспоненциальный рост количества видеоигр. Причины, по которым люди играют в игры, включают в себя снижение стресса, получение удовольствия, способ социализации и коммуникации с окружающими. Отдельным направлением является создание обучающих игровых систем и симуляций, позволяющих проводить отработку определенных навыков и знаний. Например, Zoo Tycoon: Ultimate Animal Collection позволяет не только детям, но и взрослым создавать свой зоопарк и управлять им, а также вместе с этим узнавать новые факты о животных. Algotica

представляет собой игру-пазл в жанре приключения, с помощью которой возможно интересно обучаться программированию. Программное представление видеоигры по своей сути является симуляцией некоего виртуального мира. Шотландские исследователи изучали игровую мотивацию студентов геймеров, в результате чего получили семифакторную модель: контроль, любопытство, фантазия, вызов, кооперация, соревнование, признание [1]. В Будапештском университете пришли к семи шкалам мотивации гейминга, но со следующими составляющими: социальная, копинг (действия, которые совершает человек, чтобы справиться со стрессом), эскапизм (стремление уйти от реальности в выдуманный мир), соревнование, отдых, развитие и фантазия [2]. Целью настоящей работы является создание алгоритма разработки и прототипа 2D-игры в жанре платформер как не теряющую популярность и не требующую особых навыков для неподготовленных пользователей.

Разработка выполнялась с помощью программного обеспечения Unity, языка программирования C#, для написания программного кода использовалась среда разработки Visual Studio 2019.

Последовательность действий на подготовительном этапе может выглядеть следующим образом:

- 1) Организация командной работы посредством распределенной системы контроля версий Git.
- 2) Генерация идеи, а также всех главных компонентов. На данном этапе происходит обсуждение, запись и систематизация высказанных предложений.
- 3) Изображение набросков для персонажей и уровней.

В данном случае для основной цветовой гаммы сцен меню, заключения и первого уровня были выбраны оттенки фиолетового. Идея заключается в следующем: главный герой (кот-путешественник) пытается вернуться домой, но на корабле происходит поломка, и он падает на ближайшую планету. Чтобы починить свой корабль главному герою необходимо собрать несколько существенных деталей, которые находятся у другого персонажа. Для того, чтобы получить детали, герою приходится выполнять поручения.

После завершения подготовительных работ можно приступать к написанию программного кода и сборке компонентов.

Алгоритм сборки всех необходимых компонентов может быть представлен в подобном виде:

Шаг 1. Сбор воедино визуальных составляющих фона и локации: сам фон; несколько разных частей платформ, чтобы в дальнейшем было удобно собирать из них цельные объекты; несколько декоративных объектов.

Шаг 2. Создание фона на сцене непосредственно в игровом движке с помощью компонента Canvas (холста). На него добавляется компонент Image и растягивается по всему экрану. Необходимо, чтобы Canvas оставался на заднем плане, чтобы не закрывать игровое пространство. Для этого устанавливается режим отрисовки на Screen Space – Camera.

Шаг 3. Добавление платформ. На пустой объект GameObject прикрепляется дочерний объект Sprite, который будет содержать рисунок. Для того, чтобы понимать, стоит ли персонаж на платформе, а также для применения 2D физики, необходимо добавить на нее физический компонент твердого тела Rigidbody 2D и, для возможности реагировать на столкновение с другими спрайтами, Box Collider 2D.

Шаг 4. Создание персонажа. На пустой GameObject добавляется дочерний объект Sprite, который будет содержать рисунок. Также добавляется коллайдер и Rigidbody 2D. Данные действия аналогичны для всех игровых персонажей, платформ и почти всех декораций.

Шаг 5. Для реализации геймплея и некоторых свойств объектов прикрепляется компонент Script. В данном компоненте для главного персонажа указываются переменные для скорости, силы прыжка, а также ссылки на такие объекты как Rigidbody 2D, Sprite Renderer, Animator.

Шаг 6. Создание анимации для главного героя. Используются стандартные инструменты для создания анимации.

Шаг 7. Движение камеры за объектом. Реализуется через скрипт, который прикрепляется к камере, с добавлением ссылки на объект игрока, за которым она должна следовать.

Шаг 8. Размещение объектов на сцене (рис. 1а).

Шаг 9. Добавление возможности перемещения платформ происходит через скрипт с указанием смещения по координатным осям.

Шаг 10. Появление персонажа на точке старта после падения. Для этого необходимо создать пустой объект с координатами стартовой точки. Чтобы фиксировать падение надо использовать коллайдер пустого объекта, растянутый на все игровое пространство (рис. 1б).

Шаг 11. Добавление первой и последней сцен, кнопок Retry и Exit.

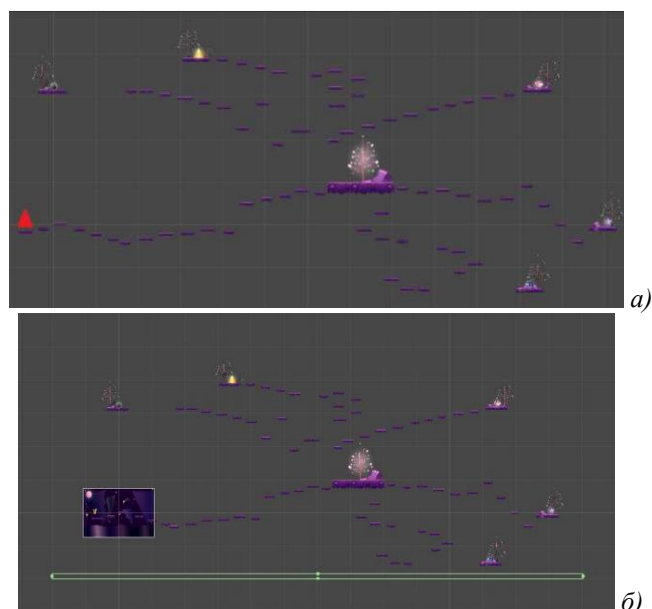


Рис. 1. Игровая сцена первого уровня, где красным треугольником показана стартовая точка, (а) и игровая сцена, где зеленым цветом показаны границы коллайдера (б)

В результате работы прототип созданной игры опубликован на своей странице сайта itch.io. Получено несколько отзывов от независимых пользователей, которые помогут в улучшении и устранении недочетов игры. На этом заканчивается этап разработки основных элементов и механик. Таким образом, игровой движок Unity позволяет без особых проблем создавать игры, удобен как в одиночной разработке, так и в командной. На базе предложенного алгоритма построения игрового взаимодействия возможна разработка образовательных и узкоспециальных обучающих приложений.

Литература

1. The differences in motivations of online game players and offline game players: A combined analysis of three studies at higher education level / T. Hainey, T. Connolly, M. Stansfield, E. Boyle // Computers and Education. – 2011. – Vol. 57. – Issue 4. – P. 2197-2211.

2. Why do you play? / Z. Demetrovics, R. Urban, K. Nagygyorgy, J. Farkas, D. Zilahy, B. Mervo, A. Reindl, C. Agoston, A. Kertesz, E. Harmath // The development of the motives for

online gaming questionnaire (MOGQ). Behavior Research Methods. – 2011. – Vol. 43. – Issue 3. – P. 814-825.

3. Unity и C#. Геймдев от идеи до реализации. 2-е изд. — СПб.: Питер, 2019. — 928 с.: ил. — (Серия «Для профессионалов»).

УДК 004.92

ТРЕХМЕРНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ЛИЦА ПО ФОТОГРАФИЯМ

магистрант гр. 10 Курочкин М. Н.

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

Белорусский Государственный Университет

Минск, Беларусь

Трехмерная реконструкция лица – сложная проблема, которую пытаются решить уже не одно десятилетие. Процесс трехмерной реконструкции заключается в восстановлении так называемой сцены, которая представляет собой множество объектов, отображаемых системой визуализации. Опирируя двумерными проекциями, такие системы способны извлекать сведения о форме и текстуре объектов. Суть процесса трехмерной реконструкции как раз и заключается в том, чтобы, во-первых, осуществить сбор необходимой информации из плоского изображения объекта, а во-вторых, преобразовать полученную информацию в требуемый вид. Фотографирование и видеосъемка являются одними из наиболее распространенных способов сбора сведений. В связи с увеличением спроса на сервисы, обеспечивающие быстрый и легкий способ получения трехмерной модели, в сфере маркетинга, разработки игр, медицине, безопасности и многих других в ближайшее десятилетие ожидается стремительное развитие в области трехмерной реконструкции и распознавания. Однако доступность такого рода сервисов остается весьма низкой из-за их дороговизны и сложности использования без предварительного обучения.

Альтернативой стереовидению и аналогичным методам, использующим камеры, являются методы трехмерной реконструкции, основанные на использовании только одного 2D-изображения для восстановления поверхности лица. Также возможно использование некоторого набора фотографий одного человека, но к ним не применяются различные требования, например, степень освещенности или направленность света, принимаемые позы и так далее. Основой алгоритмов, осуществляющих реконструкцию лица по одному изображению, является разработанная заранее параметрическая модель [2].

Существует несколько подходов осуществления данной идеи. Так, например, в некоторых алгоритмах используется открытый пакет библиотек eos, который был разработан для подгонки 3D-моделей с использованием параметрической модели лица. Алгоритм трехмерной реконструкции набора программных компонент eos использует в роли входных данных одно изображение лица и набор ключевых точек, которые можно получить при помощи библиотека dlib. Она была разработана специально для детекции ключевых точек.

Наибольшее распространение получил метод, называемый регрессионной карточной сетью (PRN), для совместного прогнозирования плотного выравнивания и восстановления трехмерной формы лица. Данный метод превосходит предыдущие работы по 3D-выравниванию лица и реконструкции на нескольких наборах данных. Между тем, метод имеет несложную структуру, которая обеспечивает результат за один проход в 9,8 мс. Все это достигается благодаря тщательно продуманному дизайну двумерного представления трехмерной структуры лица и соответствующей функции ошибки. В частности, происходит проектирование UV-карты положения, которая представляет собой 2D-изображение, записывающее 3D-координаты полного лицевого облака точек, и в то же время сохраняет смысловую нагрузку каждой точки UV-карты. Затем обучается простая

сеть «кодер-декодер» с взвешенными потерями, которая больше фокусируется на дискриминативной области, чтобы произвести регрессию UV-карты положения из одного 2D-изображения лица.

Новым веянием становится использование глубокого обучения. В одном из университетов штата Мичиган исследователи разработали нейронную сеть, которая, принимая входные данные от изображения, кодирует его в текстуру, альбедо и векторы освещения. Два декодера, которые являются сверточными сетями, осуществляют декодирование закодированных векторов для альбедо и текстуры. В результате получают сведения о трехмерной текстуре, альбедо и бликах. Используя эти параметры, дифференцируемый слой рендеринга генерирует модель лица, комбинируя 3D-текстуру, альбедо, освещение и параметры положения камеры, полученные кодировщиком.

Новые методы, как правило, направлены на изучение основанной на CNN трехмерной модели лица, которая регрессирует коэффициенты 3D Morphable Model (3DMM) из двумерных изображений для визуализации трехмерной реконструкции лица или плотного выравнивания лица.

В качестве алгоритма реконструкции лица в данной работе был выбран PRNet, так как среди рассмотренных методов, он дает наилучшие результаты и не требует больших вычислительных мощностей. По сравнению с предыдущими работами метод может напрямую установить плотное соответствие между всеми регионами лица и 3D-шаблона. В методе не требуется никаких промежуточных параметров, что означает, что сеть может работать очень быстро, минуя сложные операции.

Большинство алгоритмов трехмерной реконструкции лиц требуют подачи на вход одной фотографии, где изображено только одно лицо. Если необходимо построить модели некоторого множества лиц, то, во-первых, нужна фотография каждого лица по отдельности, во-вторых, для каждой фотографии придется снова и снова запускать алгоритм реконструкции, менять его параметры. Такой подход является неэффективным касательно затраченного времени и качества реконструкции.

Для увеличения скорости обработки фотографий и исключения необходимости выделять отдельные лица вручную, в данной работе предложен способ автоматизации данных процессов.

Обнаружение лица и выравнивание имеют важное значение для многих задач, таких как распознавание лица и анализ выражения лица. Тем не менее, различные визуальные вариации лица, такие как окклюзии, позы и экстремальное освещение, создают большие проблемы для этих задач в реальных приложениях.

Для детектирования лиц на фотографии в работе используется алгоритм MTCNN. В алгоритме MTCNN предлагается новая структура с использованием унифицированных каскадных сверточных нейронных сетей (CNN) посредством многозадачного обучения. Предлагаемая структура состоит из трех этапов. На первом этапе создаются окна-кандидаты через неглубокую сеть CNN. Затем происходит уточнение окна, чтобы отклонить большое количество не-лицевых окон через более сложную CNN. Наконец, используется более мощная CNN для уточнения результата и вывода лицевых ориентиров. Благодаря этой многозадачной структуре обучения производительность алгоритма может быть заметно улучшена [1].

На сегодняшний день наблюдается рост популярности интернет-сервисов и все большее количество людей предпочитают выполнять различные задачи онлайн, без предварительной установки необходимого программного обеспечения и других офлайн-инструментов. Основываясь на данных фактах, было принято решение предоставлять пользователям доступ к разработанному алгоритму трехмерной реконструкции лиц по фотографии в виде интернет-сервиса.

В качестве веб-сервера был выбран aiohttp, работающий на основе библиотеки async . Также при разработке использовался шаблонизатор Jinja для языка

программирования Python, на котором написана сама программа обработки изображений.

В ходе тестирования сервиса все поставленные задачи были успешно выполнены. Таким образом, разработанное приложение (рис. 1) удовлетворяет всем предъявляемым требованиям и выполняет свою задачу: предоставление сервиса по детектированию лиц на изображениях и их трехмерной реконструкции (рис 2).

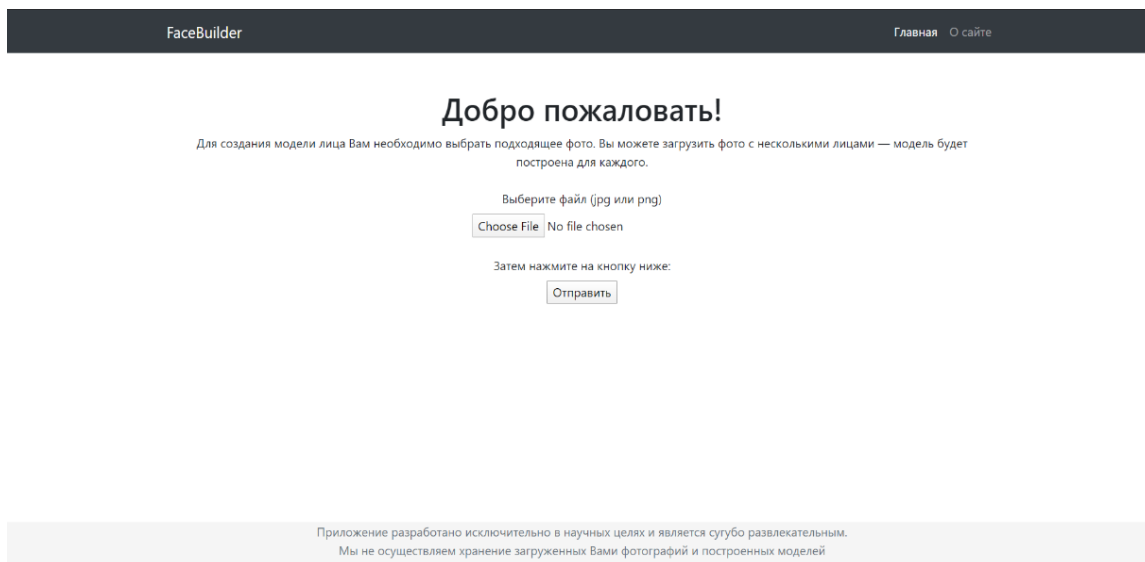


Рис. 1 Главная страница веб-приложения

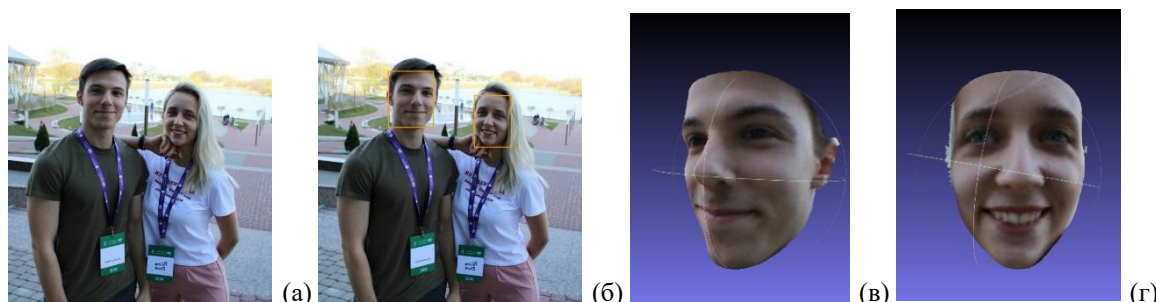


Рис. 2 Результаты работы программы. (а) – основное изображение, (б) – детектирование лиц, (в) – реконструкция первого лица, (г) – реконструкция второго лица.

Разработанное программное средство может быть использовано в целях автоматизации процесса построения трехмерных изображений лиц по одной фотографии, что позволяет сократить затрачиваемое время для перевода изображений из двумерного пространства в трехмерное.

Литература

1. Krizhevsky, I. Sutskever, and G. E. Hinton, “Imagenet classification with deep convolutional neural networks,” in Advances in neural information processing systems. — 2012.
2. Booth, J., Zafeiriou, S.: Optimal uv spaces for facial morphable model construction. In: Image Processing (ICIP), 2014 IEEE International Conference on, IEEE. — 2014.

НЕЙРОСЕТЕВОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ЭМОЦИЙ ДЕТЕЙ ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ ЛИЦА

студентка гр. 5 Цалко Е. Л.

Научный руководитель. – канд. техн. наук, доц. Садов В.С.

Белорусский Государственный Университет

Минск; Беларусь

Уже достаточно давно существует потребность в создании автоматизированных систем распознавания эмоций. И на сегодняшний день такие технологии уже применяются во многих сферах жизни. Целью данной работы было провести анализ уже существующих систем распознавания эмоций с помощью методов машинного обучения, а также изучить особенности эмоционального развития детей и спроектировать технологию для развития детского эмоционального интеллекта, основанную на нейросетевом распознавании положительных и отрицательных эмоций.

По данным Всемирной Организации Здравоохранения на сто шестьдесят детей приходится один ребёнок, страдающий расстройствами аутического спектра, кроме того, 20% всех детей на планете имеют психические отклонения. И несмотря на то, что некоторые из них вполне могут жить самостоятельно, остальным детям необходимы постоянный уход и поддержка со стороны окружающих. Разработка структуры нейронной сети для распознавания положительных и отрицательных эмоций может помочь им адаптироваться во внешнем мире, обеспечить своевременное развитие эмоционального интеллекта и улучшить свои навыки в распознавании эмоций [1].

На сегодняшний день было создано достаточно большое количество систем по распознаванию эмоций. Каждая из них представляет собой уникальную разработку и имеет свои достоинства и недостатки. Ниже приведена таблица, в которой сравниваются существующие системы по распознаванию эмоций:

Таблица 1. Системы распознавания эмоций

Название ПО	Информация о компании	Возможности ПО	Преимущества	Недостатки
EmoDetect	Neurobotics (Россия)	Распознает шесть базовых эмоций по фото- или видеопоследовательности Определяет психоэмоциональное состояние человека.	Эмоции распознаются тремя независимыми классификаторами. Определяет нейтральное выражение лица. Самостоятельное определение опорного кадра.	При повороте головы не определяет лицо (например, в профиль). Поддерживается только ОС Windows.
FaceReader	Noldus Information Technology (Нидерланды)	Распознавание черт лица, позы головы, эмоций по видеопоследовательности.	Способность распознавать одинаковые эмоции для двух и более людей.	Технология не доступна, так как находится в стадии разработки.
IntraFace	Facebook (США)	Распознает семь эмоций: страх, гнев, печаль, радость, презрение и отвращение. Также есть возможность разделить эти эмоции на положительные, отрицательные и нейтральные.	Не выявлено из-за отсутствия достаточного количества информации.	Технология недоступна для общего пользования, так как находится на стадии разработки.

В результате исследования стало ясно, что большинство систем по распознаванию эмоций ориентированы на взрослых людей и не затрагивают проблему развития детского эмоционального интеллекта. Поэтому проектирование технологии для развития детского эмоционального интеллекта, основанной на нейросетевом распознавании положительных и отрицательных эмоций, является весьма перспективной задачей.

Изучив возрастную психологию, удалось выяснить, что пик интенсивности эмоционального развития приходится на дошкольный и школьный возраст. А основным инструментом детского восприятия в этом возрасте является ассоциативное мышление. В период от 4 до 10 лет дети познают мир в основном за счет визуальных и аудиальных ассоциаций. Это связано с определенными процессами развития систем головного мозга [2]. По итогам исследования была составлена схема обратной связи на основе визуальных и аудиальных образов (Рис. 1), которая в дальнейшем может быть использована в технологиях по развитию детского эмоционального интеллекта. Было решено скомбинировать два типа ассоциаций для повышения эффективности восприятия и запоминания.

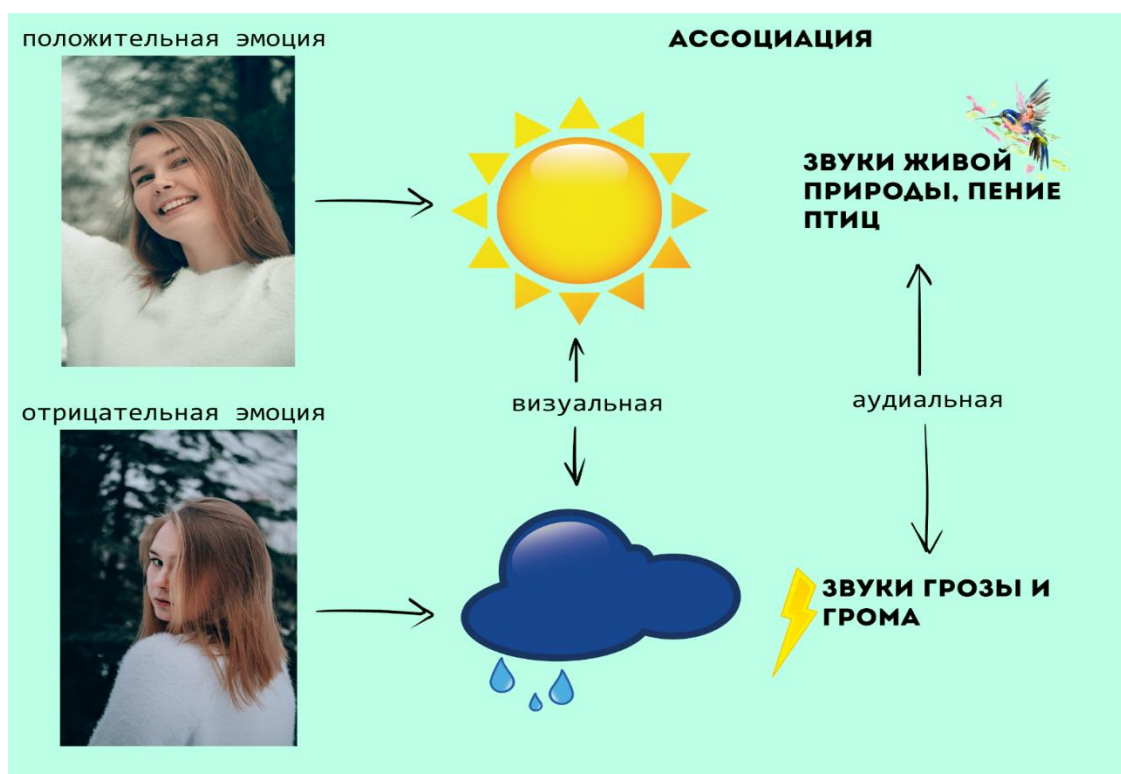


Рис.1. Пример обратной связи с ребенком

Приведенная схема обратной связи и разработка алгоритма нейросетевого распознавания положительных и отрицательных эмоций могут стать хорошей основой для полноценного приложения, позволяющего развивать детский эмоциональный интеллект. Структурная схема алгоритма работы такого приложения приведена на рис.2.:

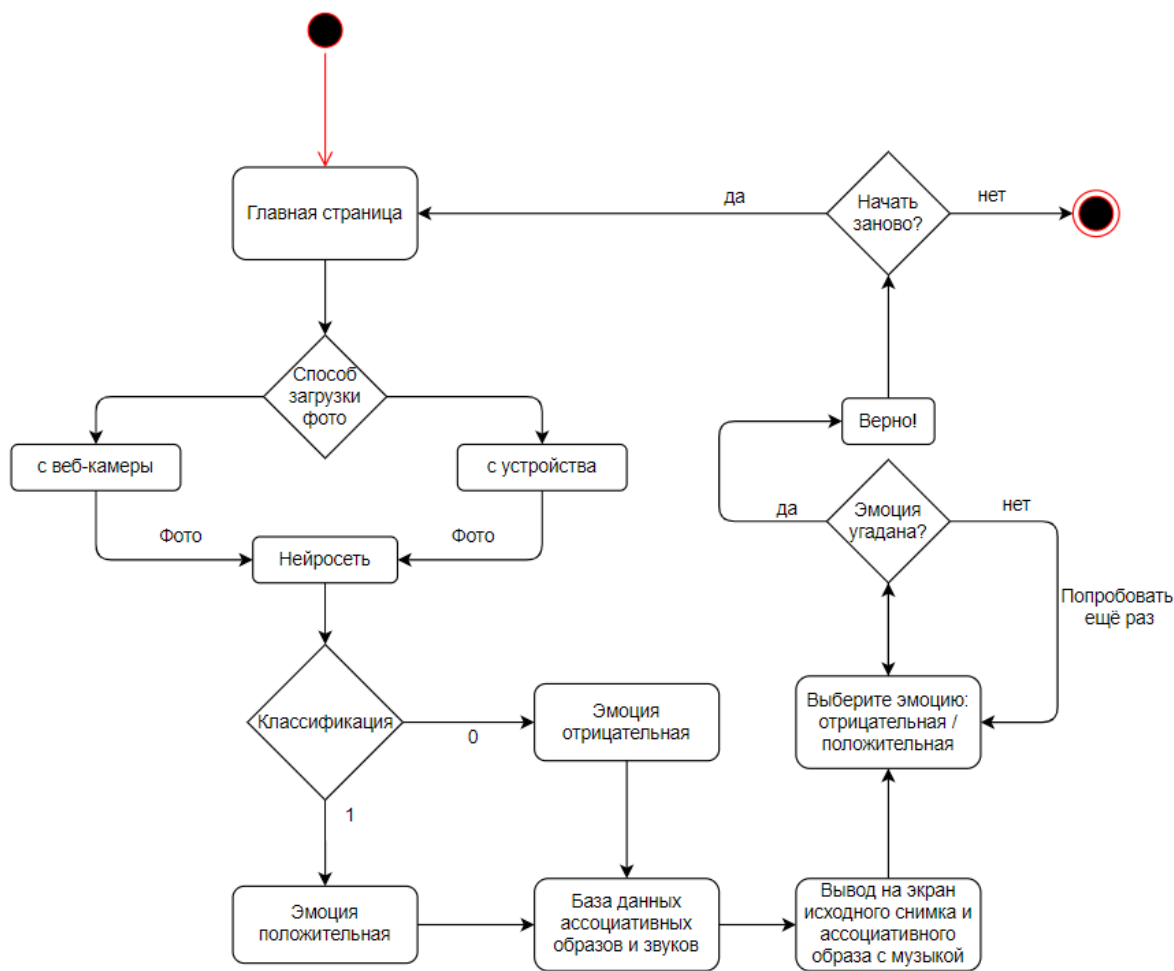


Рис.2. UML-диаграмма, представляющая алгоритм работы приложения

Как видно из диаграммы выше, нейросетевое распознавание положительных и отрицательных эмоций является основой приложения.

В рамках рассматриваемой задачи было решено, что наиболее подходящим методом решения является сверточная нейронная сеть. В качестве исходного обучающего датасета был выбран «FER2013», в котором представлены семь групп эмоций: гнев, страх, отвращение, удивление, печаль, счастье и нейтральное состояние. Далее все эмоции были разделены на две большие группы по 8000 изображений в каждой: положительные и отрицательные. Ниже приведен алгоритм, позволяющий осуществлять нейросетевое распознавание положительных и отрицательных эмоций:

1. Конвертация цветного входного изображения в черно-белое средствами библиотеки Python PIL;
2. Детектирование лица с помощью метода Виолы-Джонса;
3. Приведение каждого входного изображений к единому размеру: 48 на 48 пикселей;
4. Нормализация числового значения каждого пикселя изображения к диапазону значений [0;1];
5. Осуществление классификации эмоций на положительные и отрицательные с помощью сверточной нейронной сети и библиотеки Python Keras.

Таким образом, разработанная схема обратной связи и реализация алгоритма нейросетевого распознавания положительных и отрицательных эмоций могут стать хорошей основой для полноценного приложения, позволяющего развивать детский эмоциональный интеллект. В дальнейшем функционал приложения может быть расширен и

улучшен путем введения дополнительных функций, например таких как: анимации визуальных образов, дополнительные игры и упражнения, увеличение количества распознаваемых эмоций в нейросетевом алгоритме, интерактивный цифровой помощник и многие другие.

Литература

1. Официальный сайт Всемирной организации здравоохранения [электронный ресурс] / Расстройства аутистического спектра. – Женева, 2019. – Режим доступа: <https://www.who.int/ru>. – Дата доступа: 09.10.2020.
2. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» [электронный ресурс] / Особенности формирования зрительно-слуховых ассоциаций у детей дошкольного возраста. – Санкт-Петербург, 2012. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-formirovaniya-zritelno-sluhovyh-assotsiatsiy-u-detey-doshkolnogo-vozrasta/viewer>. – Дата доступа: 12.11.2020

УДК 004.946

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ И ИХ ИНТЕГРАЦИЯ В ВИРТУАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ ПРОСТРАНСТВО

студент Шилковская В.В.

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

Белорусский государственный университет
Минск, Беларусь

На современном этапе развития информационных технологий виртуальная реальность (VR) движется к своему пику. На сегодняшний день существует несколько тысяч самых разнообразных VR-приложений, и их количество увеличивается каждый день [1]. Актуальность внедрения технологии VR в сферу образования заключается в том, что использование настолько инновационного средства повышает мотивацию учащихся при изучении учебных дисциплин и уровень усвоения информации, синтезируя различные формы ее представления (3D). Таким образом, сухая теория становится наглядной, понятной и намного более интересной, способствует вовлечению обучающихся в образовательный процесс и увеличивает его эффективность.

В настоящее время существует ряд успешных примеров использования VR в обучении. Например, в Йельском университете удачно протестирована VR-тренировка проведения хирургической операции на желчном пузыре [2]. Группа, использующая VR, была на 29% быстрее и в 6 раз реже допускала ошибки. В Пекине было проведено исследование «Влияние виртуальной реальности на академическую деятельность». Детям преподавали одну и ту же дисциплину, но одной группе – классическим методом, а второй – с использованием VR. По итогу был проведен тест. Первая группа оказалась успешной на 73%, а вторая – на 93%. Кроме того, VR-группа показала более глубокое понимание темы и лучше закрепила полученные знания (по результатам теста спустя две недели) [3]. Также корпорация Google уже не первый год работает над созданием виртуальных экскурсий по мировым достопримечательностям.

VR (виртуальная реальность) – это искусственно созданный трехмерный цифровой мир, позволяющий переместить человека в любое время и место [4]. С помощью различных сенсоров и периферийных устройств виртуальный мир ощущается почти как реальный.

В данной работе в среде Autodesk 3D Max проведено моделирование 3D объекта для его последующего использования в VR на примере компьютерного стола.

Этапы моделирования:

Шаг 1. Проектирование

Разработка объекта проведена с помощью полигонного моделирования – стандартных примитивов параллелепипед (Box). Для создания стола в общем счёте понадобилось 16 объектов-деталей (стенки, ящики стола, полки, и другие элементы) – рисунок 1.

Шаг 2. Текстурирование

Текстурирование было проведено с помощью графических примитивов (Primitives). Благодаря этому этапу предмет стал более реалистичным. В редакторе материалов (Material Editor) был задан цвет корпуса и фасадов ящиков стола (Bitmap). Текстуры были выбраны из материалов программы Pro100.

Шаг 3. Интеграция 3D модели в сцену

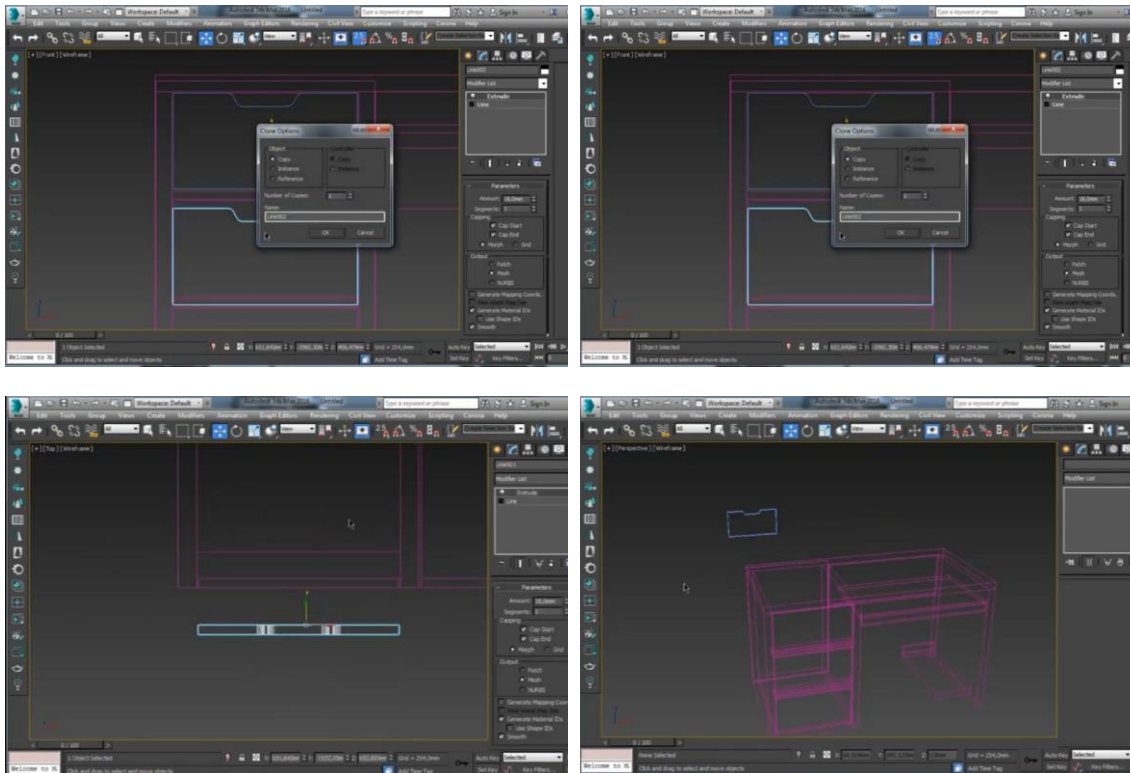
Для этого была создана небольшая комната с окном и выбраны точки – ракурсы, с которых в последующем был проведён рендеринг – рисунок 2.

Шаг 4. Рендеринг (создание цифрового растрового изображения)

Благодаря своим концептуальным особенностям, данный этап работы позволил получить очень фотореалистичные изображения, однако из-за большой ресурсоёмкости процесс визуализации занял значительное время. Из точки наблюдения на объекты сцены направляются лучи, с помощью которых определяется цвет пиксела на двумерном экране. Это влияет на качество и фотореалистичность изображения.

Шаг 5. Интеграция других объектов в 3D сцену и рендеринг с разных ракурсов.

На этом этапе для полноты сцены была проведена интеграция нескольких объектов (стол, экран, мышка, наушники, клавиатура, цветок и др.) и снова проведён рендеринг.



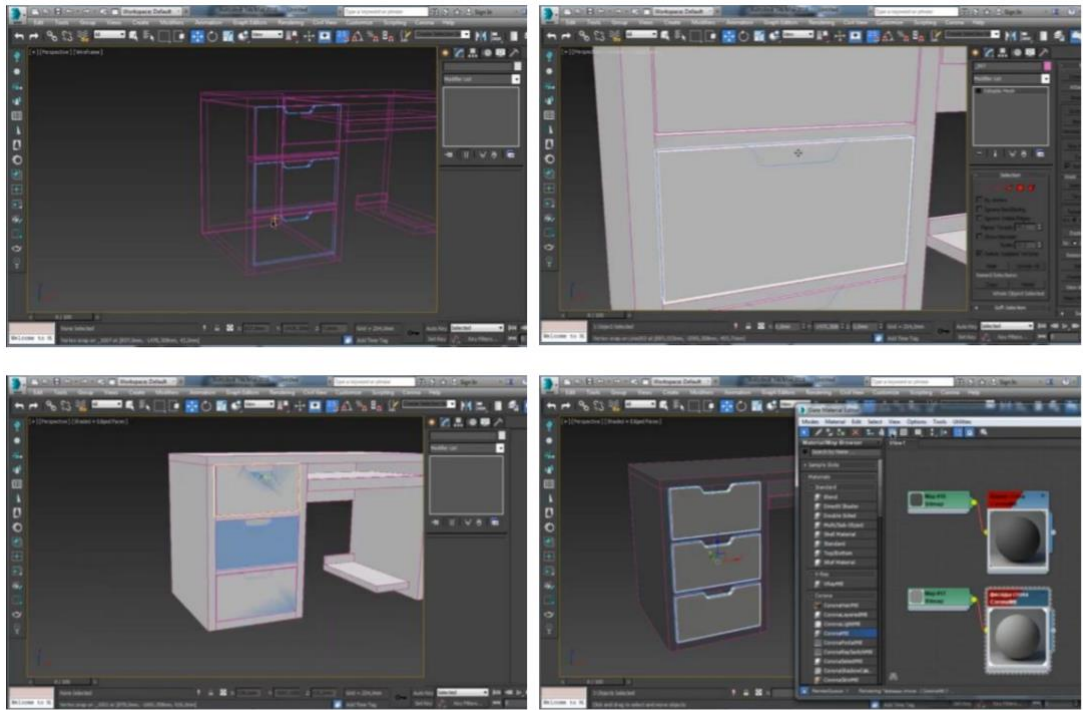


Рис 1. Процесс проектирования компьютерного стола в 3D Max.

После завершения процесса моделирования была сформирована структура библиотеки 3D объектов (рисунок 3), а также дан анализ возможной реализации и интеграции технологий виртуальной реальности в сферу образования.

Подводя итог, следует обозначить, что моделирование объектов и их интеграция в виртуальное образовательное пространство является перспективной областью для развития сферы образовательных услуг. Использование библиотеки готовых 3D объектов упрощает процесс разработки проектов в VR (типового учебного пространства заданной тематики). А это, в свою очередь, минимизирует время подготовки урока, вносит в процесс обучения яркие трехмерные образы, добавляя взаимодействие, и как следствие увеличивает эффективность и качество образования.

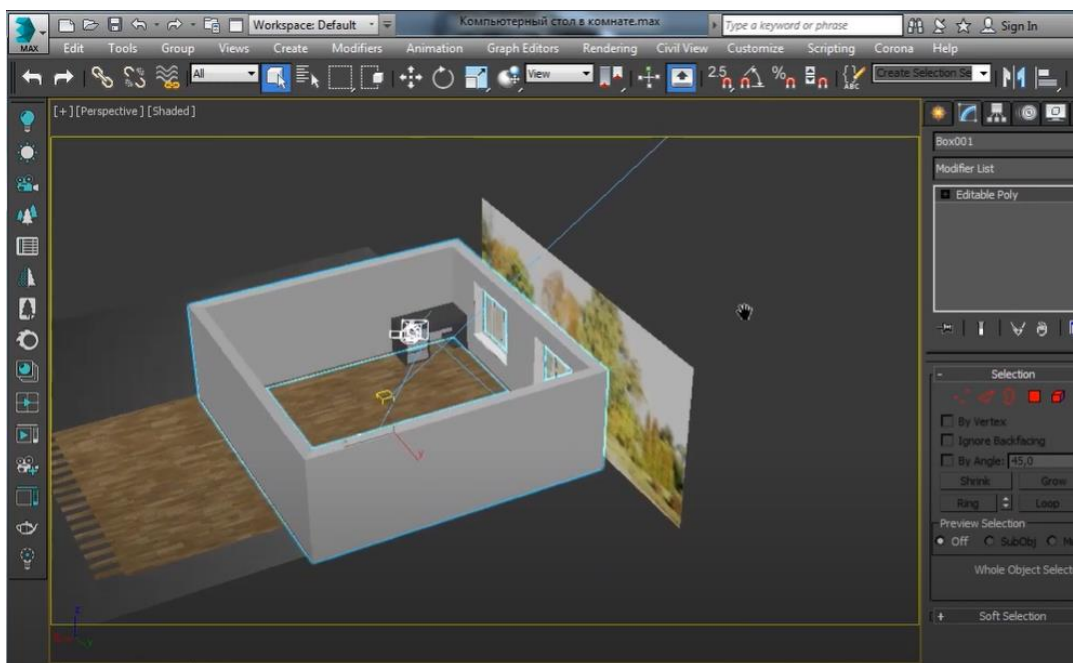


Рис 2. Интеграция 3D модели в сцену

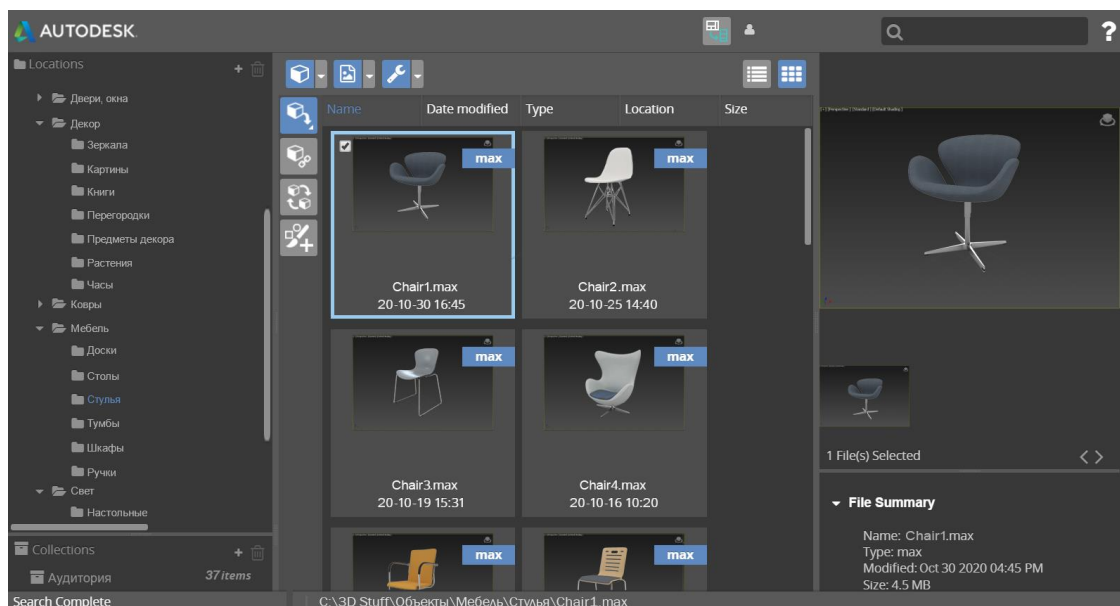


Рис 3. Разработка библиотеки объектов

Литература

1. Oculus Rift and the Virtual Reality Revolution // Matthew Handrahan, Gamesindustry. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gamesindustry.biz/articles/2012-12-18-oculus-rift-and-the-virtual-reality-revolution/>.
2. Blended Reality // Yale University [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://blendedreality.yale.edu/2019/11/15/yale-students-lead-with-immersive-media/>.
3. Beijing Bluefocus E-Commerce Co., Ltd. and Beijing iBokan Wisdom Mobile Internet Technology Training Institutions, A CaseStudy - The Impact of VR on Academic Performance, 2016.
4. Краткая история развития технологии виртуальной реальности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.avclub.pro/articles/3d-tekhnologii/kratkaya-istoriya-razvitiya-tekhnologii-virtualnoy-realnosti/>.

УДК 004.896

МОБИЛЬНАЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА С КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММОЙ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ

студентка гр. 5ПИ Шиманская А. Д.,

Научный руководитель – старший преподаватель Митрахович И. О.

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

Актуальность разработки обуславливается увеличением числа задач, решение которых невозможно без применения роботизированных технических средств, в том числе: проведение разведки на сильно зараженной местности или в труднодоступных местах; снижение расходов на инженерно-геологические исследования; химический и бактериологический контроль; экологический мониторинг; сбор, обработка опасных отходов; дегазация, дезактивация, дезинфекция техники и местности; охрана объектов, выполнение различных инженерных и технических работ при решении военных и хозяйственных задач.

В статье рассмотрен процесс создания и тестирования роботизированной платформы с комплексной программой управления движением самоходным транспортным

средством, включающей в себя различные приёмы, алгоритмы и средства обеспечения выполнения платформой текущих задач, поставленных пользователем, как в условиях присутствия, так и отсутствия управляющих сигналов, а также взаимодействие нескольких платформ между собой в рамках выполнения одного задания пользователя.

Под навигацией в широком смысле слова будем понимать теорию и технику вождения движущегося объекта по заданной траектории. Под первичной информацией понимается информация о поступательном движении центра масс и об угловом движении, получаемую с помощью датчиков и измерительных приборов [1, с. 9]. Среди навигационных систем большое место занимают инерциальные. В системах такого рода текущая первичная информация получается от инерциальных датчиков. Инерциальные датчики измеряют тем или иным образом ускорение и вращение той системы координат, в которой они установлены [1, с. 10-11]. Недостатком инерциальной системы навигации, кроме высокой стоимости оборудования, являются ошибки, которые накапливаются с течением времени. Для их коррекции создаются интегрированные навигационные системы, где данные, получаемые от инерциальной навигационной системы, дополняются данными, поступающими от неавтономных систем, например, спутниковой навигации. В данной работе используется именно интегрированная система, так как основными ее достоинствами является довольно высокая точность и глобальность действия, а также высокие темпы и перспективы развития.

Для реализации проекта используется алгоритм, представленный на рисунке 1.

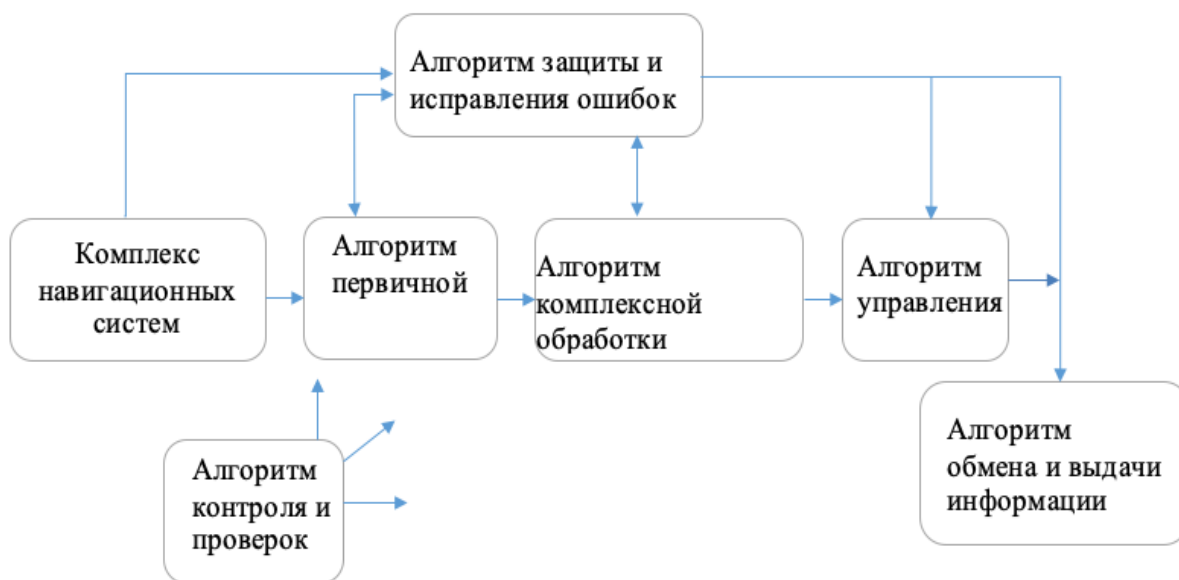


Рис 2. Структурная схема общего алгоритма

Алгоритмы первичной обработки и преобразования информации выполняют аналогово-цифровое преобразование первичной информации, осреднение показаний однотипных или избыточных измерителей и сглаживание измерений, то есть осреднение по времени. Алгоритмы комплексной обработки информации предназначены для повышения точности и надёжности определения пилотажных и навигационных параметров, выдаваемых комплексом ориентации и навигации при заданном составе измерителей с учётом конкретной навигационной обстановки. Алгоритмы обмена и выдачи информации осуществляют связь с внешними устройствами – индикаторами, управляющими устройствами [2, с. 53-54].

В условиях отсутствия основного внешнего управляющего сигнала движение прототипа будет осуществляться под управлением внутреннего алгоритма, вычисляющего вектор направления к целевой точке исходя из данных о геолокации, получаемых

от GPS-модуля, а в случае их отсутствия – с помощью алгоритма инерциального управления, вычисляющего вектор направления на целевую точку исходя из последнего известного местоположения прототипа на местности. Данные алгоритмы будут включать блок фильтрации некорректных данных о геолокации для предотвращения ошибок вычисления вектора направления в условиях неустойчивого приема GPS-сигнала и блок корректировки направления и продолжительности движения в зависимости от поступившей информации от датчиков и данных о геолокации.

Алгоритм преодоления препятствий, подключение широкого спектра датчиков

Для обеспечения устойчивого безопасного движения прототипа при отсутствии прямого внешнего управления, предусмотрен модуль обхода препятствий, исполненный на отдельном микроконтроллере и имеющий приоритет исполнения в условиях инерциального движения перед основным алгоритмом и оператором. Таким образом, модуль обхода препятствий будет включаться в управление движением прототипа по критическим значениям сигналов датчиков и выключаться после прихода этих значений к установленным нормам, передавая управление движением прототипа основному алгоритму или оператору.

В целях своевременного информирования прототипа о препятствии необходимо укомплектовать его набором различных датчиков, а для обеспечения автономности необходимо оборудовать прототип солнечными панелями, которые накапливают заряд, если показания датчика освещённости находятся в нормальных пределах. При разрядке аккумулятора прототипа до определённого уровня, используется заряд, накопленный заранее. Для реализации алгоритма обхода препятствий я буду использовать метод гипотезы и теста в совокупности с нечёткой логикой, руководствуясь таблицей нечётких правил.

Таблица. Нечеткие правила

Дистанция \ Направление	очень близко	близко	далеко	очень далеко
лево	резко вправо	резко вправо	вправо	прямо
прямо	резко влево	влево	влево	прямо
право	резко влево	резко влево	влево	прямо

Таким образом, прототип будет работать по следующему принципу: данные от сенсоров о расстоянии до препятствия и направление к нему фазифицируются, то есть превращаются в нечеткий формат, обрабатываются согласно табличным правилам, дефазифицируются, и полученные данные в виде управляющих сигналов поступают на приводы робота.

В дополнение к вышеописанным алгоритмам, в прототипе будет реализован процесс взаимодействия с подобными устройствами через WI-FI модуль. В качестве модели взаимодействия будем использовать «пчелиный рой». Используя этот метод мы хотим добиться следующего поведения: при подаче управляющего сигнала на главенствующий прототип, все агенты системы должны начать движение на базовую станцию; при выполнении сценария «разведка» прототипы должны иметь возможность обмениваться результатами поиска и устремляться в зону повышенной концентрации интересующих нас объектов (веществ, явлений), либо, напротив, исключить из своего маршрута области, уже исследованные или выбранные к исследованию другими прототипами, входящими в "рой".

Для расширения спектра применимости разработки, необходимо минимизировать неблагоприятные воздействия на датчики. Для этого надо соблюсти два условия: мини-

мизация металлических, экранирующих деталей и деталей, обладающих электромагнитными свойствами, а также максимальное разнесение принимающих датчиков и источников помех. Так как, имеющиеся в продаже платформы подходящих размеров, которые могли бы быть использованы для тестирования алгоритмов, в своей конструкции используют значительное количество металлических деталей, либо не обладают достаточной проходимостью на местности, было принято решение создать платформу самостоятельно.

Платформа смоделирована при помощи программ SketchUp и 3Ds Max. Крайне важно было выбрать достаточно прочный и лёгкий материал, который максимально не подвержен воздействию окружающей среды и ультрафиолетовому излучению. В результате прототип представляет из себя платформу на гусеничном ходу, напечатанную в основном из пластика PETG. В ходе практических испытаний выяснилось, что выполнение функциональных деталей из пластика PETG нецелесообразно, так как они не выдерживают прилагаемых усилий и разрушаются (шестерни, например). Такие детали могут быть выполнены из нейлона (Nylon), который, однако, значительно прихотливее в печати и дороже по цене. Использование комбинации PETG и Nylon на текущий момент показало себя наилучшим образом при подключении моторов и проверке платформы на прочность.



Рис 2. Вид готовой платформы

Итогом работы стало изучение принципов инерциальной навигации, особенностей работы различных датчиков по-отдельности и в составе интегрированной инерциальной системы. Проведён подбор необходимых измерителей для создания алгоритма обхода препятствий. Разработан и создан прототип-демонстратор платформы для наземного дрона на гусеничном ходу с минимизацией использования металлических деталей. Проанализированы и выбраны материалы для 3D-печати, которые удовлетворяют эксплуатационным запросам прототипа. Проведены тестовые подключения и испытания, подобранных ранее датчиков, необходимых для работы алгоритма обхода препятствий. Кроме того, были подключены моторы и проводятся попытки организации движения робота. Создана программа, реализующая основной принцип работы алгоритма обхода, опирающаяся на показания одного из типа датчиков. А также описаны и изучены возможности кооперации нескольких прототипов в мультиагентные системы с использованием метода «пчелиный рой».

Литература

1. Бранец, В.Н. Введение в теорию бесплатформенных инерциальных навигационных систем / В.Н. Бранец, И.П. Шмыглевский. – М.: Наука, 1992. – 280 с.
2. Алёшин, Б.С. Ориентация и навигация подвижных объектов: современные информационные технологии / Б.С. Алёшин, К.К. Веремеенко, А.И. Черноморский. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 426 с.

РАЗРАБОТКА МЕТРИКИ ЛИЦА ПРИ ВЫРАЖЕНИИ ЭМОЦИИ ЗАИНТЕРЕСОВАННОСТИ

студент гр. 5 Ерофеев И. А.

*Научный руководитель – канд. техн. наук Садов В. С.*Белорусский Государственный Университет
Минск, Беларусь

В современном мире всё больше интеллектуальной деятельности реализуется через интернет, в том числе и обучение. При проведении занятий преподавателю важно знать, является ли учебный контент интересным для обучающихся. В связи с этим предлагается разработать приложение, предназначенное для анализа качества занятий. Оно поможет преподавателям анализировать свою работу, оценивать востребованность лекций слушателями, найти в материале более скучные или наоборот интересные места, увеличить качество своей работы, и, вести учёт «действительных» слушателей.

В основе приложения лежит интеллектуальная система распознавания заинтересованности (ИСПЗ), которая в процессе дистанционного обучения производит анализ лиц слушателей на предмет заинтересованности в происходящем на экране (занятии), сосредоточенности на изображении на экране, скуки и утомлении.

Анализ известных решений по распознаванию эмоций показал, что существует большое количество различных работ, включающих в себя только базовые эмоции по Экману (иногда с расширениями), как например, решения компании Affectiva, пионера эмоционального ИИ. Примерами так же могут быть работы Горбунова [1], Akash Saravanan et al [2], Астахова и Катаева [3]. Однако данные работы, как и многие другие, не реализуют распознавание «интереса», в связи с чем возникла необходимость разработки нового алгоритма, решающего данную задачу.

В процессе разработки ИСПЗ обнаружилась проблема отсутствия данных, соответствующих предметной области, а именно баз данных лиц, выражающих эмоции «заинтересованность». В связи с этим было принято решение создать собственную базу. Рассмотрено два варианта формирования базы данных лиц:

- создание достаточно большой, в ручную размеченной базы, и разработка на ее основе нейросетевых решений,
- предобработка полученных данных и выделение характерные особенности и закономерностей данных, таким образом уменьшив требования к конечной базе для обучения.

Для практической реализации принят второй вариант.

Таким образом, был выполнен предварительный анализ данных с целью формирования метрики лица при выражении эмоции «заинтересованность». В результате анализа видеоконтента, а так же исследований психологов, наиболее крупным из которых являлась Изард К. Э. («Психология эмоций») [4] была создана база данных (таблица 1) характерных лицевых движений, соответствующих эмоциям, выражающим различные виды заинтересованности: концентрация, недоумение и беспокойство. База данных включает 154 человека/часа записи лиц студентов на лекциях, а так же на мероприятиях, посвящённым настольным играм.

Для обработки данного материала была применена библиотека dlib для Python, которая позволяет найти лицо на изображении и установить местоположение лицевых ориентиров. После чего были выделены наиболее статичные ориентиры, введены понятия нейтрального лица, маски лица, разности двух лиц, эмоционального лица.

На основе собранных данных выдвигались и проверялись гипотезы о наиболее характерных для соответствующих эмоций точках, смещениях и комбинациях смещений этих точек, а так же обобщения данных гипотез (таблица 2).

Таблица 1. Пример части таблицы вероятностей эмоции при наблюдении заданного лицевого действия

Лицевое действие	Недоумение		Беспокойство		Концентрация	
	Симм.	Асим.	Симм	Асимм.	Симм	Асимм.
Область вокруг глаз						
Дугообразное поднятие бровей	0.65	0.72	0.00	0.05	0.35	0.23
	0.71		0.04		0.18	
Брови «Домиком»	0.37	1.00	0.22		0.41	
	0.51		0.17		0.31	
Брови опускаются	0.29	0.60	0.29	0.00	0.43	0.40

Таблица 2. Пример характерного отклонения точек в области бровей для эмоции недоумения

№	Л. Висок	Подбородок	П. Висок	Переносица
17	0.2132	-0.0162	-0.0164	-0.0305
18	0.0825	-0.0217	-0.0187	-0.0428
19	0.067	-0.0259	-0.0217	-0.0619
20	0.047	-0.0267	-0.0203	-0.0804
21	0.0382	-0.0236	-0.02	-0.1192
22	-0.0119	-0.0307	0.0116	-0.223
23	-0.0139	-0.036	0.0132	-0.1212
24	-0.0119	-0.0359	0.011	-0.0742
25	-0.0104	-0.0308	0.0199	-0.0486
26	-0.0051	-0.0226	0.0469	-0.0264

На макроуровне возможно использование ИСРЗ для «эмоциональной» оценки лекций или иных виртуальных занятий отдельных лекторов или коллективов. Это позволит на основании количественных показателей определять, например, лучшего лектора и в дальнейшем использовать его опыт другими коллегами.

Литература

1. Горбунова Е. С. Реализация интеллектуальной системы распознавания эмоций с применением нейронных сетей : магистерская диссертация / Е. С. Горбунова ; Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Институт "Высшая школа экономики и менеджмента", Кафедра анализа систем и принятия решений. — Екатеринбург, 2017. — 80 с. — Библиогр.: с. 76-80 (62 назв.).
2. Akash Saravanan et al. Facial Emotion Recognition using Convolutional Neural Networks/ Akash Saravanan and Gurudutt Perichetla and Dr. K. S. Gayathri [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1910.05602> – Дата доступа: 22.05.2020.
3. Астахов Д.В., Катаев А.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭМОЦИЙ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-sovremennyh-algoritmov-mashinnogo-obucheniya-dlya-zadachi-raspoznaniya-emotsiy> – Дата доступа: 22.05.2020.
4. Изард К. Э. Психология эмоций. — СПб.: Питер, 2012 . — 464 с.

СИСТЕМА ОРИЕНТАЦИИ НЕЗРЯЧИХ И СЛАБОВИДЯЩИХ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОСАДКЕ В ОБЩЕСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТ

студент Живолковская Е.М.

Научный руководитель – Щетько Н. Н.

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

Около 80% информации мы получаем именно от органов зрения. Неудивительно, что зрительная кора занимает почти половину от площади коры головного мозга — значительно больше, чем другие сенсорные анализаторы. В современном мире для незрячих и слабовидящих людей сделано не так много, чтобы они могли действовать самостоятельно. Одной из проблем, с которыми сталкиваются незрячие ежедневно – это посадка в транспортные средства, так как номер автобуса, маршрут и даже расположение дверей мы узнаем с помощью нашего зрения.

Есть результаты исследования, в котором принимало участие 88 человек с инвалидностью по зрению [1]. Им задавали вопросы, связанные с транспортными средствами. Их задачей было сказать важно это для них или нет. Ниже представлены результаты данного исследования:

№ п/п	Задача исследования	Важность задачи по результатам опроса (человек)	Важность задачи по результатам опроса (%)
1	Информация о номере маршрута и направлении движения прибывшего транспортного средства	64	72,73
2	Информация о прибытии транспортного средства к остановочному пункту	62	70,45
3	Информация о прогнозе прибытия транспортного средства к остановочному пункту	57	64,77
4	Обнаружение валидатора транспортного средства	49	55,68
5	Обнаружение остановочного пункта	48	54,55
6	Информация о прибытии к нужной остановке	47	53,41
7	Уведомление водителя транспортного о намерении осуществить посадку в транспортное средство	46	52,27
8	Обнаружение транспортного средства на остановке	45	51,14
9	Обнаружение дверей транспортного средства при входе	37	42,05

На сегодняшний день есть несколько решений проблемы посадки незрячих и слабовидящих людей в общественный транспорт. Некоторые системы ориентации уже используются в реальной жизни, а что-то только находится в стадии разработки. Данную

проблемы пытаются решить не только, используя сложные системы навигации, но и приложения в мобильном телефоне, так как в современном мире данное устройство есть практически у каждого человека.

Примером уже существующей системы ориентирования в пространстве для незрячих и слабовидящих людей является «Oriense». Эта система навигации состоит из двух приборов: навигатора «OrNavi» (рис. 1а) и камеры «OrCV» (рис. 1б). Эти два устройства, при совместном использовании, способны предложить ряд функций для решений повседневных проблем людей с инвалидностью по зрению: предупреждают о различных ямах, дорожных знаках, ступенях на пути, читают вывески и надписи, описывают окружение, например, здания или перекрестки, прокладывают маршрут [2].

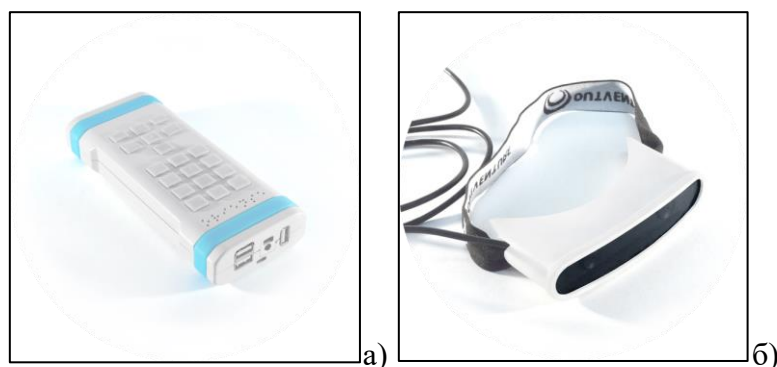


Рис. 1. Система навигации «Oriense», состоящая из «OrNavi» (а) и «OrCV» (б).

У системы «Oriense» есть ряд плюсов и минусов. Можно выделить следующие положительные стороны:

- Помощь в ориентации при перемещении по городу пешком;
- Голосовое сопровождение, которое не перекрывает окружающие звуки;
- Подробная карта местности;
- Много дополнительной информации об окружающих объектах.

Однако, несмотря на положительные стороны данной системы, есть ряд недостатков:

- Не помогает при посадке в общественный транспорт;
- Устройства дорогие для приобретения в личное пользование;
- Нельзя ограничить поступающую информацию и оставить, например, только информацию об остановочных пунктах.

Ещё одним решением является система «Говорящий город» [3]. Она состоит из небольшой коробочки, которую держит в руках незрячий человек и радиоинформаторов. Радиоинформаторы – это специальные приборы, которые крепятся на домах, остановках или общественном транспорте. Они передают информацию о «своем» объекте на устройство.

К преимуществам системы можно отнести:

- Отсутствие проблем с трафиком и скоростью Интернета
- Сообщает какое транспортное средство прибыло и его маршрут
- Водитель узнает о присутствии незрячего на остановке.

Недостатки:

- Информацию о номере и маршруте движения, которую получит слепой, вводится вручную водителем. Они часто забывают об этом.
- Не помогает обнаружить транспортное средство на остановке.
- Нет точного прогноза о прибытии транспорта.

На основе проведенного анализа, в данной работе предлагается система посадки незрячих и слабовидящих людей в общественный транспорт. Данная система будет решать следующие задачи:

- Предоставить незрячему человеку возможность узнать номер маршрута;
- Проинформировать незрячего о прибытии нужного ему транспортного средства к остановочному пункту;
- Сообщить прогноз прибытия транспортного средства к остановочному пункту;
- Уведомить водителя транспортного средства о намерении человека совершить посадку в транспортное средство;
- Помочь обнаружить двери транспортного средства при входе.

В предлагаемой системе задействованы незрячий человек, диспетчер и водитель. Прежде всего слепой человек должен понять, какое транспортное средство ему нужно. Для этого предлагается использовать приложение.

Сперва стоит отметить, что незрячие и слабовидящие люди могут спокойно взаимодействовать с сенсорными устройствами. Для этого используются программы экранного доступа. Для каждой операционной системы она своя: для системы android – TalkBack [4], для iOS – VoiceOver [5].

Данное приложение выполняет ряд функций:

- 1) Позволяет узнать незрячему человеку название остановки, на которой он находится. Для этого нужно перейти на экран «Название остановки» (рис. 2а).
- 2) Позволяет узнать информацию о транспортных средствах, останавливающихся на данной остановке. Для этого осуществляется переход на экран «Транспорт» (рис. 2б).
- 3) Помогает узнать какой транспорт приближается и выбрать, на котором незрячий человек собирается ехать. Соответственно экран «Выбрать транспорт» (рис. 2в).



Рис. 2. Рабочие экраны приложения: «Название остановки» (а), «Транспорт» (б), «Выбрать транспорт» и главный экран (г).

На эти экраны можно попасть с главного экрана (рис. 2г), нажав на соответствующую кнопку. Пустая вертикальная кнопка на всех экранах отвечает за озвучивание экрана на котором находится пользователь.

Все данные об остановках и транспортных средствах будут храниться в базе данных, которая состоит из трёх таблиц: транспорт, расписание и остановки

После того, как незрячий с помощью приложения выбрал нужный ему транспорт он отправляет запрос диспетчеру, а тот в свою очередь передает водителю.

Далее автобус должен останавливаться в одном и том же месте, о котором будет знать, как водитель, так и незрячий. Это можно решить установкой шумовых полос на асфальте. Используя их, можно довольно точно обозначить место, где транспортное средство должно остановиться. При пересечении этих полос водитель будет явно ощущать под передними колёсами начало пересечения этих полос и конец. Поэтому, как только водитель перестанет ощущать под передними колёсами шумовые полосы, то он должен будет совершить остановку (рис. 3).

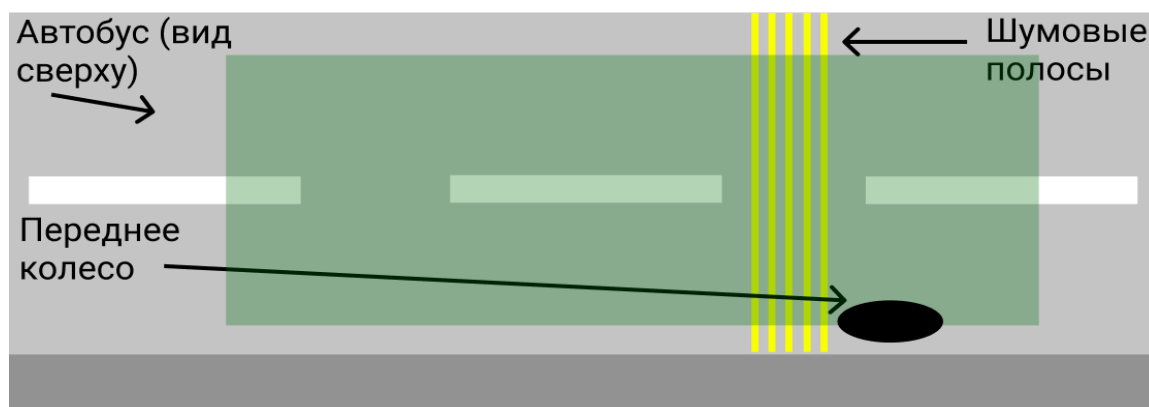


Рис. 3. Схематичное место остановки автобуса относительно шумовых полос.

Для оповещения незрячего человека о прибытии транспортного средства к остановочному пункту нужно установить динамик над передней дверью, который будет сообщать информацию о номере маршрута транспортного средства и его направлении.

Следующим действием будет помочь незрячему человеку найти эту дверь. Это можно сделать путем введения нового тактильного покрытия (рис. 4). Покрытие с новым узором будет устанавливаться в месте, где должна быть передняя дверь. И теперь доходя до данного типа покрытия человек будет знать, что здесь дверь для входа в транспортное средство.

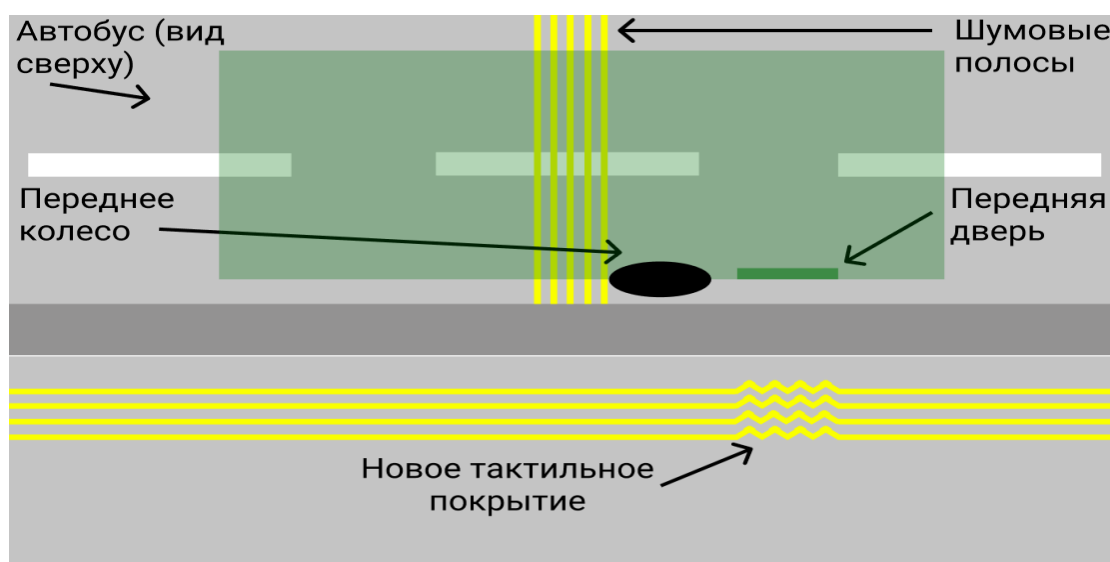


Рис. 4. Схематичное место остановки автобуса с введением нового тактильного покрытия.

После того, как незрячий человек добрался до двери, он наконец может совершить посадку в общественный транспорт. Водитель, увидев это, закрывает двери и трогается с остановочного пункта.

В ходе данной работы были исследованы уже имеющиеся в мире системы ориентации незрячих и слабовидящих людей при посадке в общественный транспорт, выявлены их достоинства и недостатки.

По итогам анализа мною была продумана система ориентации для посадки в общественный транспорт, которая использует различные дорожные покрытия, приложение для мобильных устройств с использованием программ экранного доступа, а также задействованы водитель и диспетчер. Данные для приложения содержатся в базе данных, состоящей из трёх таблиц: транспорт, расписание, остановки.

Литература

1. Концепция развития вспомогательных средств ориентирования для инвалидов по зрению с использованием мобильных устройств. Техническое задание на разработку мобильного приложения для повышения доступности транспортной инфраструктуры. Научная статья [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.tiflocomp.ru/devices/city_concept.php

2. Oriense: новая система ориентирования (навигации) для незрячих людей [Электронный ресурс]– Режим доступа:

https://www.smartaids.ru/blogi/?page=post&blog=high_technologies&post_id=oriense-novaya-sistema-orientirovaniya-navigatsii-dlya-nezryachikh-lyu

3. Как дома и общественный транспорт общаются со слепыми [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <https://spb.mk.ru/articles/2016/09/19/kak-doma-i-obshhestvennyu-transportobshhayutsya-so-slepymi.html>

4. Официальный сайт Google [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://support.google.com/accessibility/android/answer/6006598?hl=ru>

5. Официальный сайт Apple [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://support.apple.com/ru-ru/guide/ipad/ipad9a246898/ipados>

УДК 004.3

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ, ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ, ДОСТУПОМ И ОТОБРАЖЕНИЕМ ИНФОРМАЦИИ В УЧЕБНОЙ АУДИТОРИИ

студент Короткевич М.С., магистрант Нехай В.В.

Научный руководитель – ст. преподаватель Шалатонин И.А.

Белорусский Государственный Университет

Минск, Беларусь

Задачей системы является контроль и управление микроклиматом, пожарной безопасностью, доступом и отображением информации в учебной аудитории. Система реализована в рамках проекта «Цифровой факультет». Структурная схема приведена на рисунке 1.

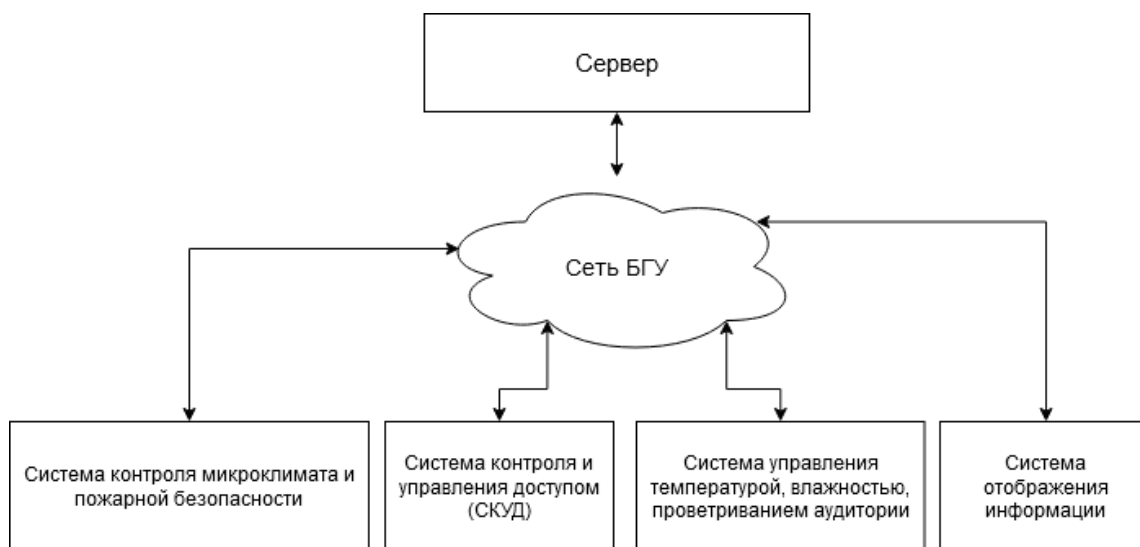


Рис. 3. Структурная схема всей системы

Основой системы является локальный сервер, развернутый на виртуальной машине, расположенной в локальной сети БГУ. На виртуальной машине установлены:

- дистрибутив Ubuntu Server 20.04;
- интерпретатор Python3;
- СУБД InfluxDB;
- графический веб-интерфейс Grafana.

На сервере реализован HTTP сервер на языке Python3. HTTP-сервер получает текущее состояние микроклимата аудитории посредством GET-запросов от датчика, затем данные записываются в БД при помощи СУБД Influx DB и соответствующего Python модуля.

Система контроля микроклимата, пожарной безопасности реализована на сервере и отладочной плате NODEMCU-ESP32. МК формирует структуру данных, содержащую состояние микроклимата и пожарной безопасности в аудитории, а сервер хранит текущее и предыдущие состояния.

Датчики формирующие текущее состояние микроклимата:

- DHT22 – измеряет температуру и влажность;
- MH-Z14A – измеряет уровень углекислого газа;
- GY-63 – измеряет давление, температуру;
- DS18B20 – измеряет температуру на улице.

При включении виртуальной машины автоматически включаются службы, запускающие СУБД и HTTP сервер. HTTP сервер получает данные с NODE MCU ESP32 посредством HTTP запросов.

Показатели микроклимата анализируются сервером в соответствии с алгоритмом работы системы, затем включаются силовые модули блоков, которые осуществляют регулирование температуры, влажности, уровня углекислого газа. Силовые беспроводные модули выполнены с использованием оптрона МОС3063 и симистора ВТА208. Удаленное управление силовыми модулями осуществляется с использованием МК ESP8266.

Наличие дыма в помещении контролируется при помощи датчика МС145010, при критическом значении отправляется соответствующее сообщение на сервер.

Система управления доступом в учебную аудиторию выполнена с использованием следующего оборудования:

- отладочная плата ESP8266-LoLin-v3;
- защелка с соленоидным приводом, работающая от постоянного напряжения 70 В и подключенная через реле;

- источник питания 70 В постоянного тока;
- RFID метки;
- считыватель RFID меток Rc522.

Система управления доступом идентифицирует входящих в аудиторию по RFID-карточкам. Список находящихся в аудитории авторизованных пользователей хранится на сервере и отображается с помощью системы индикации.

Отображение текущего состояния микроклимата и пожарной безопасности происходит посредством SmartTV BVK 50LEX-7027/FT2C. В окне браузера открыта графическая оболочка Grafana, которая содержит текущие показания датчиков, время, номер аудитории, ленту новостей факультета. Графическая оболочка приведена на рисунке 2.

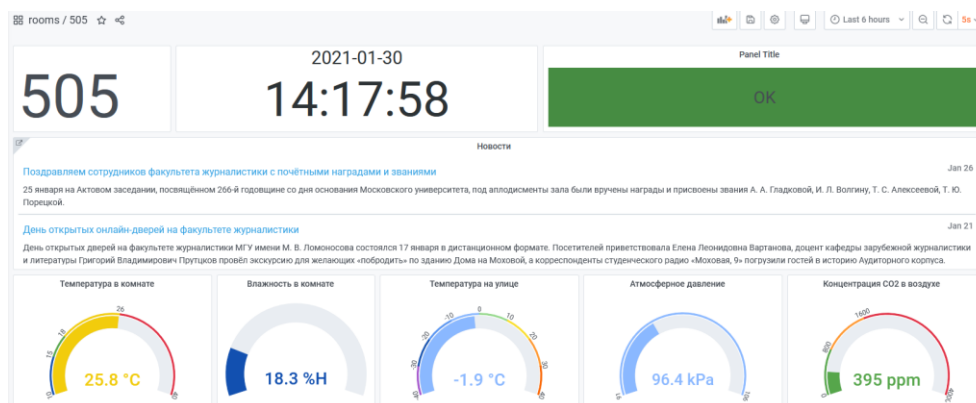


Рис 2. Графическая оболочка Grafana

На телевизоре установлена ОС Android версии 4.4.2, дополнительно установлены приложения:

- BootControl,
- EduroamAutologin.

Разработанная система позволяет контролировать присутствие студентов в аудитории, состояние микроклимата и пожарной безопасности. Вся информация хранится на сервере и доступна для анализа администрации факультета. Кроме того, на телевизоре может оперативно отображаться справочная информация деканата факультета.

УДК 004.056.5

СТЕГАНОГРАФИЧЕСКОЕ ВСТРАИВАНИЕ СХЕМ КОММУНИКАЦИЙ В КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

студент гр. 4+5КБ Автушко К.В.,

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Садов В.С.

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

По данным Департамента по экономическим и социальным вопросам ООН за 2018 год, численность городского населения по всей Европе неуклонно растет, а процент сельского – падает. Проблема урбанизации вызывает скачки строительства в городах.

На сегодняшний день при строительстве, модернизации или исследовании земельного участка необходимо получить множество разнообразных планов, схем, чертежей. Часть из таких планов является секретной информацией, как, например, система трасс водоснабжения по г. Минск. Данная информация не доступна для простого обывателя, в отличии от схем расположения участков и т.д. Для упрощения обращения со всеми схемами и картами можно стеганографировать расположение схем инженерных

коммуникаций в картографические материалы. Что позволит сократить количество хранимых данных по участкам, но при этом сохранить секретность информации.

Исходные контейнеры для встраивания информации в данной работе представляют собой спутниковые снимки, имеющие формат GeoTIFF. Схема условных инженерных коммуникаций будет представлять собой специализированный топографо-геодезический план. При описании инженерных сетей в топографо-геодезистском плане учитываются как подземные, так и наземные сети, их краткие характеристики, отмечаються контрольные точки. В пояснительной части содержится информация об этих контрольных точках и дополнительные сведения:

- Координаты и высоты пунктов опорной и разбивочной сетей на район трасс;
- Координаты точек начала и конца трасс, вершин их углов поворота;
- Длины прямых участков

Отметим, что углы поворота и длины сторон между точками поворота трасс вычисляются по координатам, полученным графически.

Информация об контрольных точках хранится в текстовом файле (.txt) и имеет следующий формат:

- Порядок точки,
- Координата северной широты,
- Координата восточной долготы,
- Расстояние от предыдущей точки,
- Высота над уровнем моря,
- Азимут от предыдущей точки.

Для встраивания использована информация о пяти контрольных точках, начальной (S) и конечной (E) точки. В текстовом файле информация представлена следующим образом:

```
S/54.050177/27.879798/0/184/0
E/54.051580/27.885816/16.2/188/86.783
1/54.051401/27.882033/198.81/183/47.714
2/54.052225/27.883631/137.96/182/47.318
3/54.052518/27.884187/47.72/182/51.436
4/54.051712/27.885086/104.28/186/145.096
5/54.051587/27.885560/36.94/187/115.258
```



Рис. 1. Исходный контейнер (а), исходный контейнер с наложенной поверх схемой коммуникаций (б), заполненный стеганоcontainer

Для реализации встраивания текстового файла в исследуемый контейнер воспользуемся готовым программным решением для стеганографии Image Spyer G2. Для встраивания используется авторская реализация алгоритма LSB. Соккрытие бит сообщения происходит в последние значащие биты контейнера [1,2]. Данное встраивание сложно для восприятия человеческим зрением. Помимо того, что само изображение сложно заподозрить в наличии в нем какой-либо сторонней информации, программа защищает внедренный файл одним из 40 стойких криптоалгоритмов. Использование криптоалгоритмов не только позволяет обеспечить дополнительный рубеж защиты, но и представляет встраиваемую информацию как статистический шум, что обеспечивает защиту от статистических атак на контейнер [3].

Проводилось встраивание файлов с информацией о 5 различных угловых точках и 100 000. Для оценки результатов применялось побитовое сравнение контейнеров, а также оценка по критерию PSNR. Заметим, что средние значения PSNR для пустого контейнера хорошего качества находятся в диапазоне 35-45 dB [4,5]. Для 100 000 угловых точек были выявлены различия в 1274 пикселях, а уровень PSNR достигал 38 dB, что характерно для пустого контейнера хорошего качества.

Таблица 1

	5 угловых точек	100 000 угловых точек
Количество пикселей с отличиями	210	1274
PSNR, dB	41	37,89

На основе полученных данных можно сделать вывод о целесообразности встраивания схем коммуникаций в картографические материалы. При этом достигаются малые искажения исходного контейнера при хранении даже большой выборки угловых точек.

Литература

1. Садов В.С. Компьютерная стеганография: конспект лекций: БГУ, 2010. С. 232.
2. Цифровая стеганография. В.Г. Грибунин, И.Н.Оков, И.В.Турицев. – М.: СОЛОН ПРЕСС, 2009 – 272с
3. Kaspersky URL: <https://securelist.ru/steganography-in-contemporary-cyberattacks/79090/> (дата обращения: 14.11.20).
4. Зайцев В.М., Гулай В.А., Дубовик А.В.: Сборник научных трудов «Интеллектуальные, сенсорные и мехатронные системы – 2020»: БНТУ, Минск – 2020. С 43-44.
5. Компьютерные технологии и анализ данных : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23–24 апреля 2020 г. / ред-кол.: В. В. Скакун (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2020. С 208 – 211

УДК 533.9.082.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛОЩАДИ КРЕМНИЕВЫХ ПЛАСТИН НА ПРОЦЕСС ПЛАЗМООБРАЗОВАНИЯ В СВЧ ПЛАЗМОТРОНЕ РЕЗОНАТОРНОГО ТИПА

аспирант каф. ЭТТ Тихон О. И.,

Научный руководитель - канд. техн. наук Мадвейко С. И.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Процессы плазмохимического удаления фоторезиста с поверхности полупроводниковых пластин при изготовлении изделий микро- и наноэлектроники требуют наличия

их предварительного нагрева. Классический метод быстрой термической обработки, при котором нагрев осуществляется за счёт поглощения поверхностью ИК излучения, порой не способен гарантировать равномерность нагрева в случае присутствия на поверхности изолирующих слоёв, толстых оксидов или иных многоуровневых структур [1]. Качественный объёмный характер нагрева, к примеру, является одним из необходимых условий в процессе создания микроэлектромеханических систем с низким тепловым балансом. Данные условия могут быть обеспечены при использовании микроволнового излучения, позволяющего реализовать быстрый (до 125 °C/сек) объёмный нагрев полупроводниковой пластины даже до температур, превышающих 1000 °C.

При осуществлении плазмохимической обработки кремниевых пластин с использованием нестационарного сверхвысокочастотного (СВЧ) разряда возбуждение плазмы, за счёт особенностей её формирования, может осуществляться с одновременным нагревом обрабатываемого материала. Величина мощности СВЧ энергии внутри разрядной камеры при поддержании плазмы примерно в 10 раз меньше значения без плазмы при включенном источнике СВЧ излучения, что объясняется затратами энергии на поддержание разряда [2]. Часть вводимой СВЧ энергии, таким образом, затрачивается на энергообмен электромагнитная волна – СВЧ плазма – полупроводниковая пластина. Однако, анализ экспериментальных данных [3] показал, что технически существует возможность реализации режима обработки при предварительном нагреве материала СВЧ энергией, обеспечивающей дальнейшее возбуждение плазмы, путём выхода за пределы рабочих давлений в камере. Подача СВЧ энергии при уровне давления в реакционном объёме ниже необходимого для плазмообразования и дальнейшее его увеличение по истечении времени предварительного нагрева, может позволить осуществить полноценный цикл операции обработки без затраты электроэнергии на дополнительный ИК-нагрев полупроводниковой пластины.

Переход к применению кремниевых пластин большого диаметра требует более точного поддержания условий плазмообразования для обеспечения равномерности обработки.

Исследования с использованием различной площади объекта обработки в СВЧ плазмотроне резонаторного типа показали наличие временной задержки перед возбуждением плазменного разряда. Увеличение площади помещённых в реакционный объём кремниевых пластин с 28400 мм² до 48100 мм² привело к росту времени задержки возбуждения СВЧ разряда после начала генерации энергии СВЧ магнетроном в ~6 раз. Данный эффект возможно связан с поглощающей способностью кремниевых пластин, влияющей на изменение условий плазмообразования. Этот эффект необходимо учитывать при реализации процесса предварительного СВЧ нагрева полупроводниковых материалов.

Литература

1. RF and Microwave Rapid Magnetic Induction Heating of Silicon Wafers / K. Thompson [et al.] // *Advances in Microwave and Radio Frequency : Proc. Report from the 8th Intern. Conf. on Microwave and High Frequency Heating, Bayreuth, Germany, 3–7 Sept. 2001* / Springer-Verlag Berlin Heidelberg. – Heidelberg, 2006. – P. 673–680.
2. Разработка многофункциональных технологических систем и методов управляемого формирования слоистых структур материалов в изделиях электронной техники : отчет о НИР (заключ.) / Белор. гос. ун-т инф. и радиоэл. ; рук. С.В. Бордусов. – Минск, 2018. – 129 с. – № ГР 20163363.
3. Бордусов С.В. Двухстадийный процесс СВЧ плазмохимического удаления фоторезиста с поверхности кремниевых пластин / С.В. Бордусов, С.И. Мадвейко // *Современные средства связи : тез. докл. XVI Междунар. науч.-техн. конф.*, Минск, 27–29 сент. 2011 г. / Высш. гос. колледж связи; редкол.: А.О. Зеневич [и др.]. – Минск, 2011. – С. 70.

МЕТОДИКА АНАЛИЗА СТАБИЛЬНОСТИ СВЕЧЕНИЯ СВЧ ПЛАЗМЕННОГО РАЗРЯДА, ВОЗБУЖДАЕМОГО В РЕЗОНАТОРЕ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ

магистрант гр. 915601 Тодин П. А.

аспирант каф. ЭТТ Тихон О. И.

Научный руководитель - канд. техн. наук Мадвейко С. И.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Использование интеллектуальных систем контроля состояния технологического оборудования даёт возможность путём проведения корреляционного анализа функциональных параметров прогнозировать воспроизводимость технологических процессов и оценивать стабильность работы системы в целом [1]. Актуальной задачей является реализация способов визуализации электрических и электрофизических параметров технологической системы СВЧ плазмохимической обработки полупроводниковых материалов, их автоматический анализ и использование полученной информации в составе компонентов системы поддержки и принятия решений.

Оптическое свечение СВЧ разряда является наиболее информативным параметром для анализа стабильности работы СВЧ плазмохимической системы. Поэтому этот параметр был выбран в качестве примера решения задачи визуализации первичных данных и изучения воспроизводимости процесса СВЧ плазмохимической обработки материалов микроэлектроники.

Для получения экспериментальных данных была использована СВЧ вакуумно-плазменная установка резонаторного типа, в качестве плазмообразующей среды использовался атмосферный воздух, давление в разрядной камере – 240 Па. Регистрация оптического интегрального свечения осуществлялась с помощью фотоэлектронного умножителя, импульсы с которого фиксировались на ПЭВМ аналого-цифровым преобразователем ЛА-1,5 РС1. Экспериментальные данные снимались при различной площади обрабатываемых кремниевых и металлических пластин внутри резонаторного объёма. На рисунке 1 представлены импульсы сигнала оптического свечения плазмы на различных его временных участках.

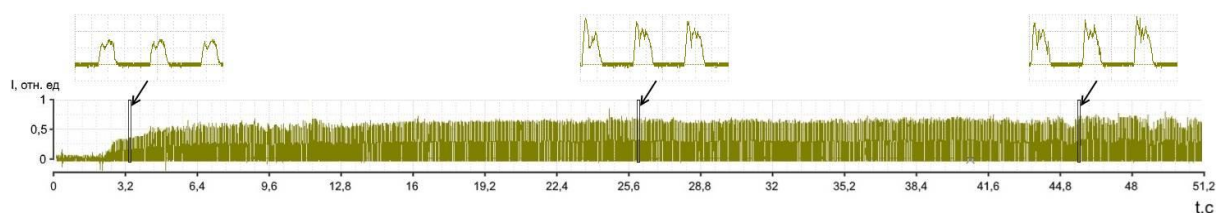


Рис. 1. Оциллограмма сигнала оптического свечения плазмы СВЧ разряда при площади 14200 мм² поверхности Si пластин в реакционном объёме

Метод исследования заключался в визуализации полученных данных путём построения матриц, отображающих изменение оптических импульсов во времени при различной загрузке камеры. Каждый эксперимент длительностью 60 секунд разделяется на три равные части, для которых заполняются матрицы соответствия параметров. Заполнение матриц проводится с помощью написанной на языке MATLAB программы, блок схема которой представлена на рисунке 2. Задачей программы является выбор значения уровня оптического излучения в каждый момент времени внутри импульса. Исходя из цикличности процесса генерации импульсов, делается вывод о том, что при предполагаемой стабильности протекания процесса в одинаковое время от начала каждого импульса значение оптического излучения должно быть одним и тем же, либо разброс будет тем меньше, чем стабильнее этот процесс [2].

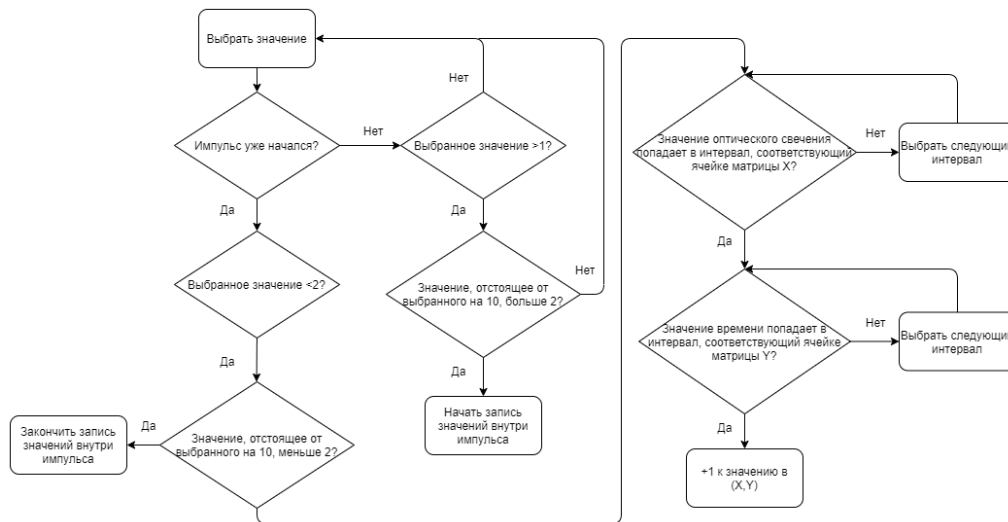


Рис. 2. Блок-схема программы, используемой для заполнения матриц соответствия параметров

Для отображения динамики процесса для различных участков осциллограммы создавались двумерные массивы данных. Импортированные в MATLAB данные хранились в виде таблицы значений. Программно по определенному алгоритму выбирались значения двух параметров для каждого момента времени, и выполнялась проверка того, в какие интервалы попадают эти значения. Элемент массива выбирался на основе этих интервалов, а в каждый его элемент (будущую ячейку матрицы) записывалось количество таких попаданий. Заполнение матриц производилось с помощью циклов программ, пример которого представлен на рисунке 3.

```

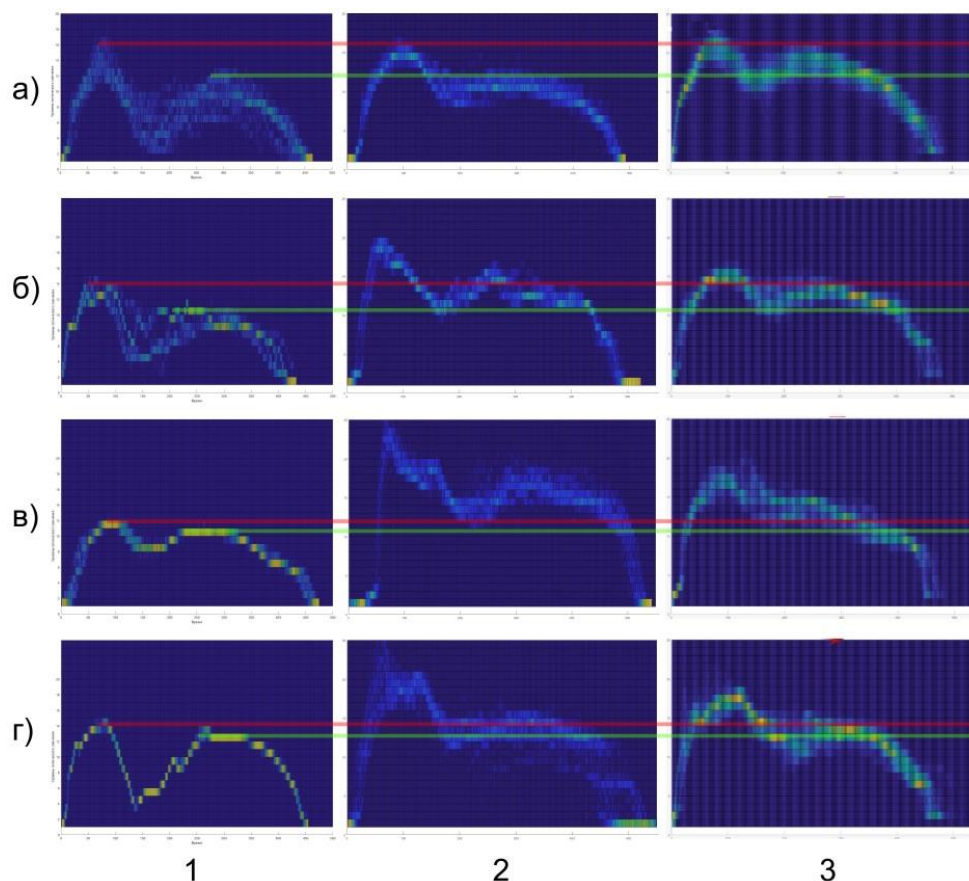
wafers86(25,550) = 0;
isStarted = false;
for a = 940000:1270000
    if(isStarted == false)
        if((Wafers86.0(a) > 1) && (Wafers86.0(a+10) > 2))
            isStarted = true;
            Kt = 0;
        end
        elseif(isStarted == true)
            if((Wafers86.0(a) < 2) && (Wafers86.0(a+10) < 2))
                isStarted = false;
            else
                Kt = Kt + 1;
                for Ko = 1:25
                    if ((d2*Ko - d2 < Wafers86.0(a)) && (Wafers86.0(a) < d2*Ko))
                        wafers86(Ko,Kt) = wafers86(Ko,Kt) + 1;
                    end
                end
            end
        end
    end
end

```

Рис. 3. Пример цикла заполнения матрицы для одного из временных участков

Точечные значения заменяются ячейками матрицы, суммирующими количество значений в определенном интервале и отображающими изменение их количества в различные моменты времени. Это обеспечивает более удобную визуализацию экспериментальных данных.

Визуализированные с помощью описанного метода импульсы оптического интегрального свечения СВЧ разряда представлены на рисунке 4. Экспериментальные данные представлены для случаев обработки кремниевых и металлических пластин различной площади, а также для случая расположения кремниевых пластин на металлическом основании.



а – 15000 мм²; б – 28600 мм²; в – 43000 мм²; г – 55000 мм²

Рис. 4. Диаграммы распределения амплитуды импульсов оптического свечения при различной площади поверхности:

1 – кремниевых пластин; 2 – металлических пластин;

3 – кремниевых пластин, размещенных в плазменном объеме на токопроводящем основании

Анализ импульсов оптического свечения даёт возможность оценить равномерность и стабильность процесса плазмообразования. Использование встраиваемых интеллектуальных систем контроля, способных автоматизировано выполнять подобный анализ, в составе технологических плазменных модулей может позволить оперативно принимать решения о необходимости изменении технологических режимов их работы.

Литература

1. Романова И.К. Современные методы визуализации многомерных данных: анализ, классификация, реализация, приложения в технических системах / И.К. Романова // Наука и Образование: МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. – 2016. – № 03. – С. 133–167.

2. Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов: Второе издание. Пер. с англ. – М.: «Бином-Пресс», 2006 г. – 656 с.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕРМОПРОФИЛЕМ ИНФРАКРАСНОЙ ПАЙКИ

студент гр. 915441 Банах К. А.,

Научный руководитель – д. т. н. Ланин В. Л.

Белорусский государственный университет радиоэлектроники и информатики
Минск, Беларусь

Задачи системы управления термопрофилем инфракрасной пайки – поддержание заданного пользователем термопрофиля инфракрасной пайки, компенсация влияния внешней среды и инерционности процесса [1].

Для решения данной задачи система включает в себя системы нагрева и охлаждения, датчики температуры, интерфейс для взаимодействия с пользователем и блок управления процессом. Структурная схема системы представлена на рис. 1.

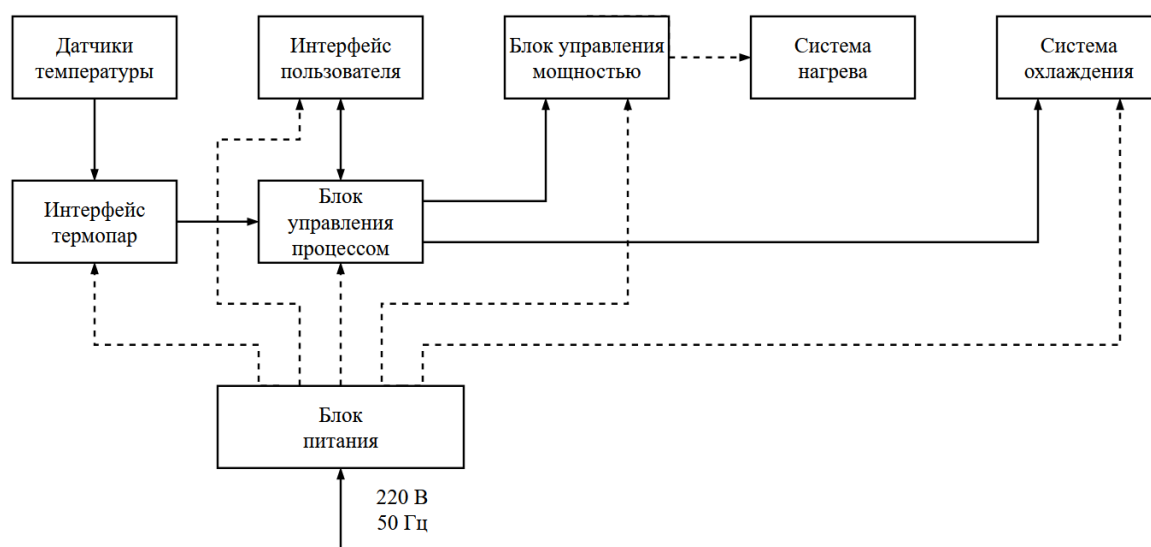


Рис 1. Структурная схема системы управления

Блок управления процессом служит для обработки запросов, полученных с интерфейса пользователя. Также непосредственно в процессе пайки он занимается сбором данных с датчиков, находящихся в зоне пайки. На основе их показаний выполняется корректировка температуры при помощи систем охлаждения и нагрева.

В блоке управления применен микроконтроллер STM32F373CC6, который относится к семейству STM32F3. Данное семейство микроконтроллеров предназначено для работы в системах, где требуется быстрая отработка штатных и аварийных ситуаций [2].

В блоке управления доступно 3 канала для подключения термопар в качестве датчиков температуры. В качестве интерфейса термопар используется микросхема MAX31855.

MAX31855 выполняет компенсацию холодного спаива и оцифровывает сигнал от термопары. Данные выводятся в знаковом 14 битном формате по интерфейсу SPI. Данный преобразователь имеет разрешение до 0,25 °C, позволяет измерять температуру от +1800 °C до -270 °C и точность показаний составляет ±2 °C [3].

Система охлаждения состоит из набора кулеров, предназначенных для удаления из зоны пайки горячего и подачи холодного воздуха.

Система нагрева представляет собой набор инфракрасных ламп, конструкция которых состоит из вольфрамовой спирали внутри герметичной кварцевой трубки. Динамическая подстройка мощности выполняется при помощи управляющего ШИМ-сигнала подаваемого на блок управления мощностью. Для управления нагрузкой используется схема управления на симисторе в паре с детектором нуля, представленная на рис. 2.

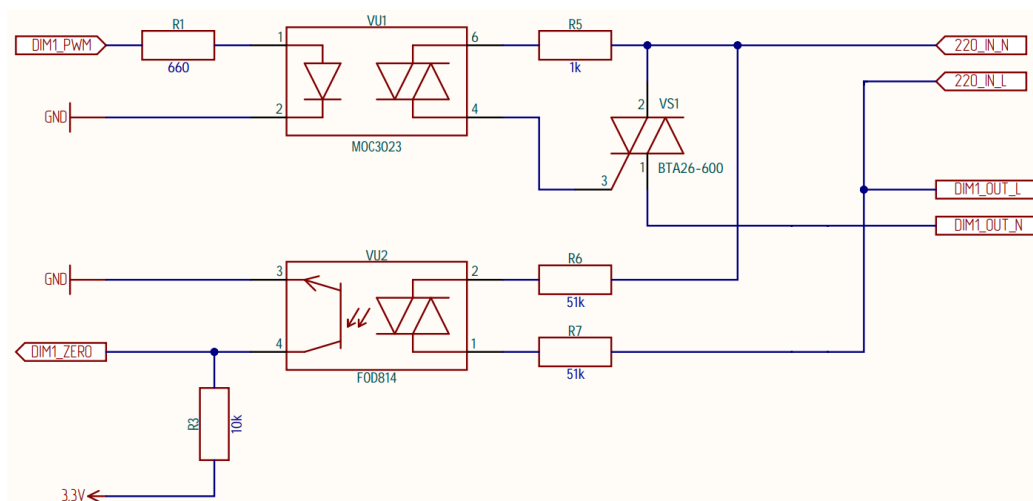


Рис 2. Схема электрическая принципиальная блока управления мощностью

Интерфейс пользователя реализован при помощи сенсорной панели HMI Nextion NX8048P070-11C, которая имеет диагональ 7 дюймов и разрешение 800x600 пикселей. Обмен данными между интерфейсом пользователя и блоком управления осуществляется по интерфейсу UART [4].

Процесс инфракрасной пайки обладает некоторой неравномерностью, что вытекает из инерционности процесса. Это явление приводит к отклонениям реального технологического процесса от заданного термопрофиля. Для компенсации инерционности, а также влияния внешней среды на технологический применяется программный ПИД-регулятор.

В качестве коэффициента пропорциональности выступает разница между текущей температурой и заданной. Чтобы скомпенсировать влияние внешней среды на процессы используется интегральная составляющая, которая с течением времени подбирает такой вклад в систему, что компенсирует потери окружающей среды в зоне пайки. Дифференциальная составляющая помогает избежать задержек между воздействием и реакцией системы. Без данной составляющей блок управления начал бы снижать температуру раньше, чем была бы достигнута нужная точка из-за уменьшения рассогласования. [5].

Литература

1. Gibbs R. A Guide to Infrared Rework on BGAs// SMT 2009. May/June.
2. Микроконтроллеры STM32G4 полностью заменяют STM32F3? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.compel.ru/lib/139090>.
3. MAX31855. Cold-Junction Compensated Thermocouple-to-Digital Converter. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.maximintegrated.com/en/products/interface/sensor-interface/MAX31855.html>.
4. HMI Nextion NX8048P070-11C. Datasheet. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nextion.tech/datasheets/nx8048p070-011c/>
5. Фёдоров А. ПИД-регулятор. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/145991/>.

ПРИБОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЛНЕЧНОГО ЭЛЕМЕНТА ДИОДНОГО ТИПА НА ОСНОВЕ ТОНКИХ ПЛЁНОК С ВЫСОКИМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ПОГЛОЩЕНИЯ

Гурбо А.Д., Боровик А.М.

*Научный руководитель - канд. техн. наук Стемпницкий В. Р.*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Солнечные элементы диодного типа создаются на основе обширного класса материалов: полупроводников (Si, Ge), многокомпонентных полупроводниковых соединений A_3B_5 и A_2B_6 , а также органических материалов. В данном типе солнечных элементов разделение зарядов, созданных внешним освещением, происходит на границе раздела двух сред с p - и n -типом электропроводности. В зависимости от толщины активной области, солнечные элементы диодного типа подразделяются на системы на основе объёмных кристаллических подложек и на основе тонких плёнок различной структуры (кристаллической, микрокристаллической, аморфной) [1-4].

Основной недостаток монокристаллических кремниевых солнечных элементов – большой расход сравнительно дорогого высокочистого кремния, большая часть которого играет роль пассивной подложки. Аморфные солнечные элементы используют в качестве поглощающего слоя аморфные вещества, обладающие только ближней упорядоченностью структуры. Наиболее распространённым аморфным материалом для использования в качестве поглотителя является аморфный кремний (a -Si). Значение его запрещённой зоны может быть изменено путем введения примеси водорода (гидрогенизации) [5]. К достоинствам a -Si:H относятся дешевизна устройств на его основе и их технологическая совместимость с устройствами на основе монокристаллического кремния; возможность получения тонких плёнок практически на любых подложках – в отношении как материала, так и размеров; радиационная стойкость, обеспечивающая стабильную работу приборов в условиях воздействия жесткого ионизирующего излучения; более высокие по сравнению с монокристаллическим кремнием коэффициент поглощения и фоточувствительность, обусловленные разупорядоченностью структуры a -Si:H и наличием в ней водорода [6].

Наибольшей эффективности солнечных элементов удалось достичь при использовании p - i - n -структур. Широкая нелегированная i -область a -Si:H обеспечивает поглощение света и соответственно эффективную работу элемента. Солнечный элемент на основе ячейки Si-HIT является одним из вариантов снижения стоимости вырабатываемой солнечной энергии [7]. На первых этапах производства солнечных элементов на основе ячейки Si-HIT происходит очистка поверхности пластины кристаллического кремния n -типа электропроводности и придание ей текстурированной формы посредством жидкостного химического травления. Слои аморфного кремния осаждаются на пластину посредством химического осаждения из паровой фазы (PECVD). Оксид индия-олова (ITO) наносится на переднюю и заднюю стороны импульсным DC-реактивным распылением из плоских керамических мишеней. Лицевая контактная решетка представляет собой серебряную сетку.

С использованием программного комплекса компании Silvaco осуществлено компьютерное моделирование технологического процесса изготовления солнечного элемента диодного типа на основе ячейки Si-HIT (рисунок 1). Моделирование технологического процесса формирования приборной структуры солнечного элемента включает следующие этапы: задание расчетной сетки и параметров пластины; профилирование поверхности пластины; нанесение слоев аморфного гидрогенизированного кремния a -Si:H с собственным (толщина слоя – 5 нм) и p -типом электропроводности (15 нм), оксида индия-олова (100 нм); последовательное нанесение на обратную сторону пластины слоев

аморфного гидрогенизированного кремния $a\text{-Si:H}$ с собственным (5 нм) и n -типом электропроводности (20 нм), оксида индия-олова (40 нм), серебра; определение контактов.

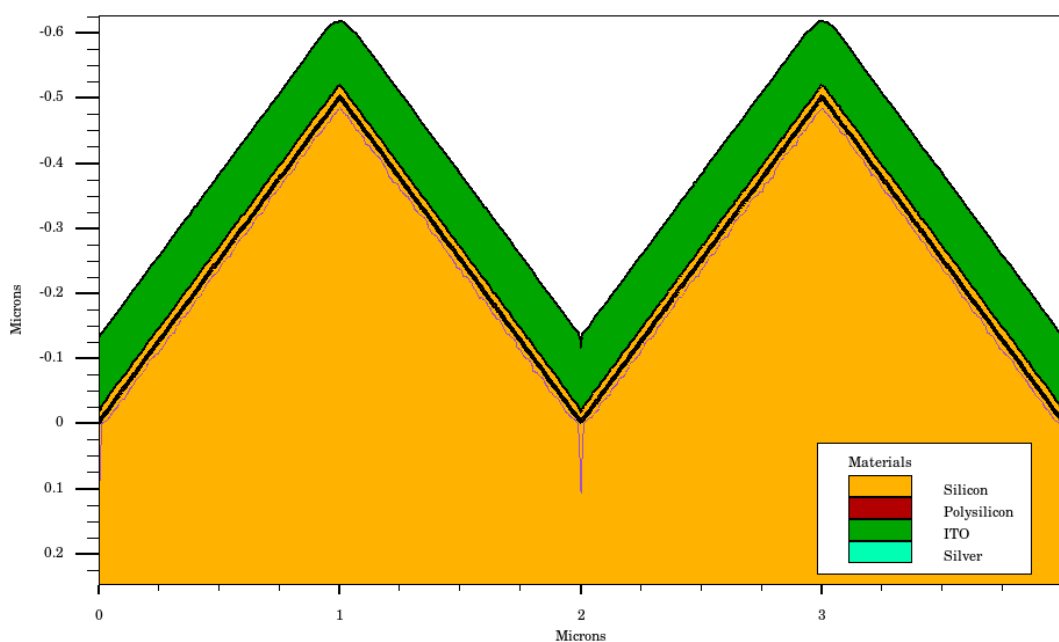


Рис. 1. Приповерхностный фрагмент солнечного элемента диодного типа на основе ячейки Si-HIT

Важным этапом при моделировании функционирования солнечных элементов на основе тонких пленок гидрогенизированного аморфного кремния является корректное определение электрофизических параметров материала ($a\text{-Si:H}$). Ширина запрещенной зоны пленок $a\text{-Si:H}$, применяемых при создании солнечных элементов, зависит от условий осаждения пленок и концентрации водорода и, как правило, изменяется в пределах 1,7–1,8 эВ. Однако, путем введения дополнительных примесей (углерода, азота) или формирования сплавов ($a\text{-Si:Ge:H}$, $a\text{-SiC:H}$, $a\text{-SiN:H}$) ширину запрещенной зоны можно изменять в широких пределах, от 1,1 эВ до 5 эВ. Плотность состояний $a\text{-Si:H}$ достигает $10^{19}\text{--}3\cdot 10^{20}\text{ см}^{-3}$. Величина подвижности электронов при комнатной температуре, как правило, находится в диапазоне $1\text{--}10\text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$, величина подвижности дырок на один-два порядка меньше. Время жизни неравновесных носителей заряда в $a\text{-Si:H}$ обычно составляет $10\text{--}30\text{ мкс}$, хотя может находиться в более широком диапазоне значений ($10^{-3}\text{--}10^{-7}\text{ с}$) [3, 5, 6].

На рисунке 2 представлены результаты моделирования электрических характеристик солнечного элемента диодного типа на основе ячейки Si-HIT при наличии и отсутствии воздействия солнечного излучения. При моделировании воздействия светового потока заданы стандартные условия: солнечная иррадиация $1\text{ кВт}/\text{м}^2$, температура модуля $+25\text{ }^\circ\text{C}$, освещенность $\text{AM}=1.5$. Моделирование электрических характеристик солнечного элемента осуществлялось с использованием модели рекомбинации Шокли-Рида-Холла, статистики Ферми-Дирака, с учетом неполной ионизации примесей в статистике Ферми-Дирака и ловушек на омических контактах.

Для описания солнечных элементов применяется набор специальных параметров и характеристик, позволяющий производить сравнительную оценку солнечных элементов различного типа. К специальным характеристикам солнечного элемента относятся вольт-амперная и спектральная. Специальными параметрами солнечного элемента являются напряжение холостого хода V_{OC} , ток короткого замыкания I_{SC} или его плотность, коэффициент заполнения FF и коэффициент полезного действия (КПД). Кроме того, важными параметрами, характеризующими функционирование солнечного элемента, являются максимальная вырабатываемая солнечным элементом выходная мощность P_M , а

также соответствующие ей значения тока и напряжения I_M , V_M [5, 6]. В таблице 1 представлены полученные по результатам компьютерного моделирования значения основных параметров, характеризующих функционирование исследуемого солнечного элемента диодного типа.

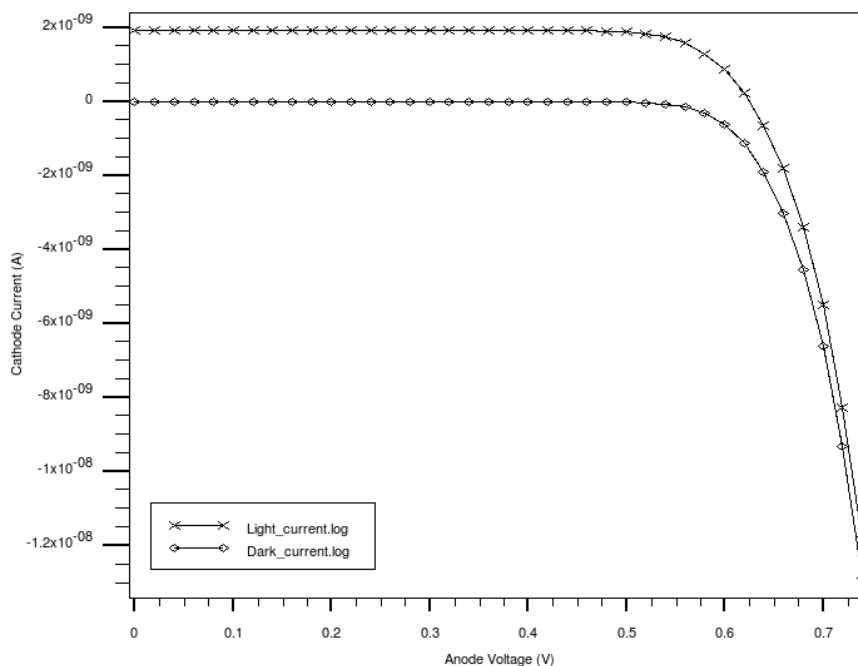


Рис. 2. Зависимости тока катода от напряжения на аноде солнечного элемента диодного типа на основе ячейки Si-HIT при наличии и отсутствии облучения световым потоком

Таблица. 1. Значения параметров солнечного элемента диодного типа на основе ячейки Si-HIT

Параметр	Значение
V_{OC} , В	0,63
I_{SC} , А	1,91e-09
P_M , Вт	9,47e-10
V_M , В	0,52
I_M , А	1,82e-09
FF , %	79,2
КПД, %	19,7

Таким образом, исследованная конструкция солнечного элемента демонстрирует типичные электрические и эксплуатационные характеристики для этого типа изделий.

Литература

1. Green, M. A. Third Generation Photovoltaics / M. A. Green. – Berlin: Springer, 2003. – 160 p.
2. Ginley, D. S. Fundamentals of Materials for Energy and Environmental Sustainability / D. S. Ginley, D. Cahen. – Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2012. – 753 p.
3. Алферов, Ж. И. Тенденции и перспективы развития солнечной фотоэнергетики / Ж. И. Алферов, В. М. Андреев, В. Д. Румянцев // Физика и техника полупроводников. – 2004. – Т. 38, № 8. – С. 937–948.
4. Bauer, T. Thermophotovoltaics: Basic Principles and Critical Aspects of System Design / T. Bauer. – Berlin: Springer-Verlag, 2011. – 222 p.

5. Гременок, В. Ф. Солнечные элементы на основе полупроводниковых материалов / В. Ф. Гременок, М. С. Тиванов, В. Б. Залесский. – Минск: Изд. Центр БГУ, 2007. – 223 с.
6. Афанасьев, В. П. Тонкопленочные солнечные элементы на основе кремния / В. П. Афанасьев, Е. И. Теруков, А. А. Шерченков. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011. – 168 с.
7. Tsuda, S. Recent progress in a-Si solar cells / S. Tsuda, S. Sakai, S. Nakano // Appl. Surf. Sci. – 1997. – V. 113/114. – P. 734–740.

УДК 621.383.51

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЛНЕЧНОГО ЭЛЕМЕНТА
ДИОДНОГО ТИПА НА ОСНОВЕ ТОНКИХ ПЛЁНОК С ВЫСОКИМ
КОЭФФИЦИЕНТОМ ПОГЛОЩЕНИЯ**

Гурбо А.Д, Боровик А.М.

Научный руководитель - канд. техн. наук Стемпицкий В. Р.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Вольт-амперные характеристики солнечных элементов и отдаваемая ими мощность сильно зависят от рабочей температуры. Соответствующее изменение КПД представляет большой интерес, поскольку рабочая температура может меняться в широком интервале значений, особенно при эксплуатации солнечных элементов в космосе [1].

При увеличении температуры диффузионные длины носителей заряда в кремнии возрастают, поскольку коэффициент диффузии не изменяется либо увеличивается, а время жизни неосновных носителей возрастает при повышении температуры. Увеличение диффузионной длины неосновных носителей приводит к росту тока короткого замыкания I_{SC} . Однако этот эффект невелик и составляет порядка 0,07 %/К. Параметром, наиболее подверженным изменению температуры, является напряжение холостого хода V_{OC} , которое значительно уменьшается с увеличением температуры, (в большей степени, чем I_{SC}) и составляет порядка 0,4 %/К. Кроме того, более плавная форма вольт-амперной характеристики при повышенных температурах приводит к уменьшению коэффициента заполнения. Поэтому в целом повышение температуры приводит к снижению эффективности преобразования [2].

Следует отметить, что для солнечных элементов диодного типа на основе гетероструктуры a -Si:H/ c -Si (Si-HIT) наблюдается меньшая зависимость КПД от температуры по сравнению с обычными солнечными элементами, а также практически отсутствует деградация свойств со временем, из-за наличия собственного i -слоя a -Si:H и большого разрыва в валентной зоне на границе раздела a -Si:H/ c -Si. Кроме того, солнечные элементы на основе a -Si:H благодаря особенностям аморфного кремния обеспечивают более высокую эффективность преобразования солнечной энергии при температурах 40–60 °С и в условиях облачности [2].

Помимо указанных закономерностей в функционировании солнечных элементов увеличение температуры приводит к некоторым иным нежелательным последствиям. Так, оно увеличивает напряжение, связанное с термическим расширением, увеличивает скорость деградации изделий примерно в два раза на каждые 10 градусов температуры.

Для исследования влияния температуры на электрические и эксплуатационные характеристики солнечного элемента диодного типа на основе тонких плёнок с высоким коэффициентом поглощения использовано конструктивное решение на основе ячейки Si-HIT. Приборно-технологическое моделирование солнечного элемента осуществлялось в среде программного комплекса компании Silvaco. Приборная структура исследу-

емого солнечного элемента (рисунок 1) получена нанесением на текстурированную поверхность подложки кристаллического кремния *n*-типа электропроводности слоев аморфного гидрогенизированного кремния *a*-Si:H с собственным (толщина слоя – 5 нм) и *p*-типом электропроводности (15 нм), оксида индия-олова (100 нм), а на обратную сторону пластины слоев аморфного гидрогенизированного кремния *a*-Si:H с собственным (5 нм) и *n*-типом электропроводности (20 нм), оксида индия-олова (40 нм), серебра.

На рисунке 2 представлены результаты компьютерного моделирования при различной температуре (280 К, 300 К, 320 К, 340 К, 360 К) электрических характеристик солнечного элемента диодного типа на основе ячейки Si-HIT при воздействии солнечного излучения. При моделировании воздействия светового потока заданы следующие условия: солнечная иррадиация 1 кВт/м², освещенность AM=1.5. Моделирование электрических характеристик солнечного элемента осуществлялось с использованием модели рекомбинации Шокли-Рида-Холла, статистики Ферми-Дирака, с учетом неполной ионизации примесей в статистике Ферми-Дирака и ловушек на омических контактах.

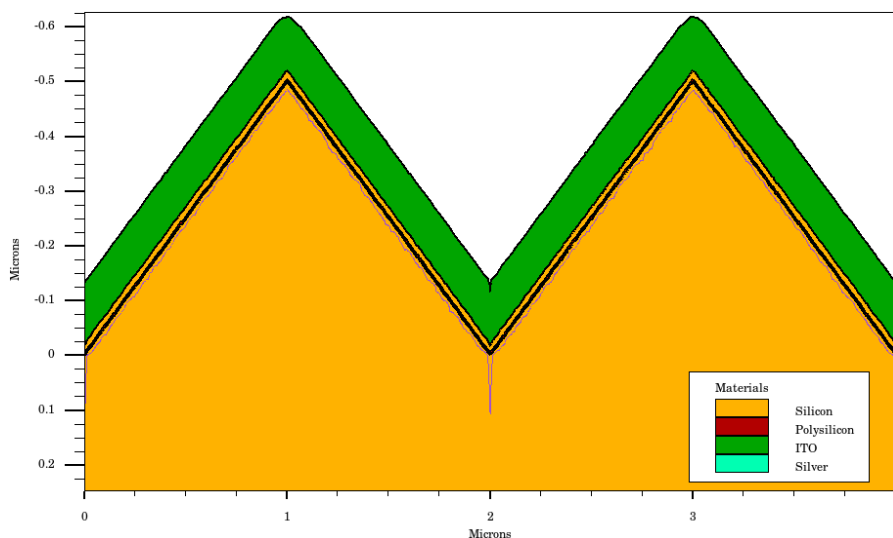


Рис. 1. Приповерхностный фрагмент солнечного элемента диодного типа на основе ячейки Si-HIT

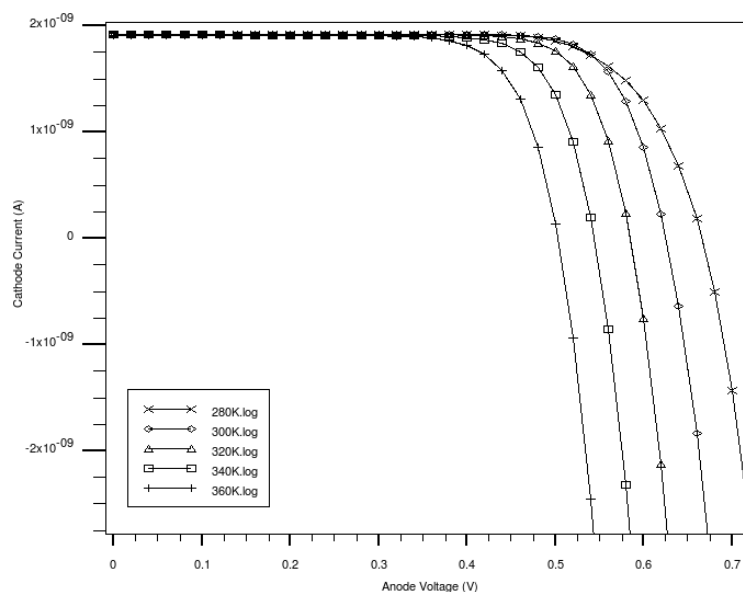


Рис. 2. Зависимости тока катода от напряжения на аноде солнечного элемента диодного типа на основе ячейки Si-HIT при различной температуре

На рисунке 3 представлены температурные зависимости основных параметров, характеризующих функционирование солнечного элемента: напряжения холостого хода V_{oc} , коэффициента заполнения FF и коэффициента полезного действия (КПД).

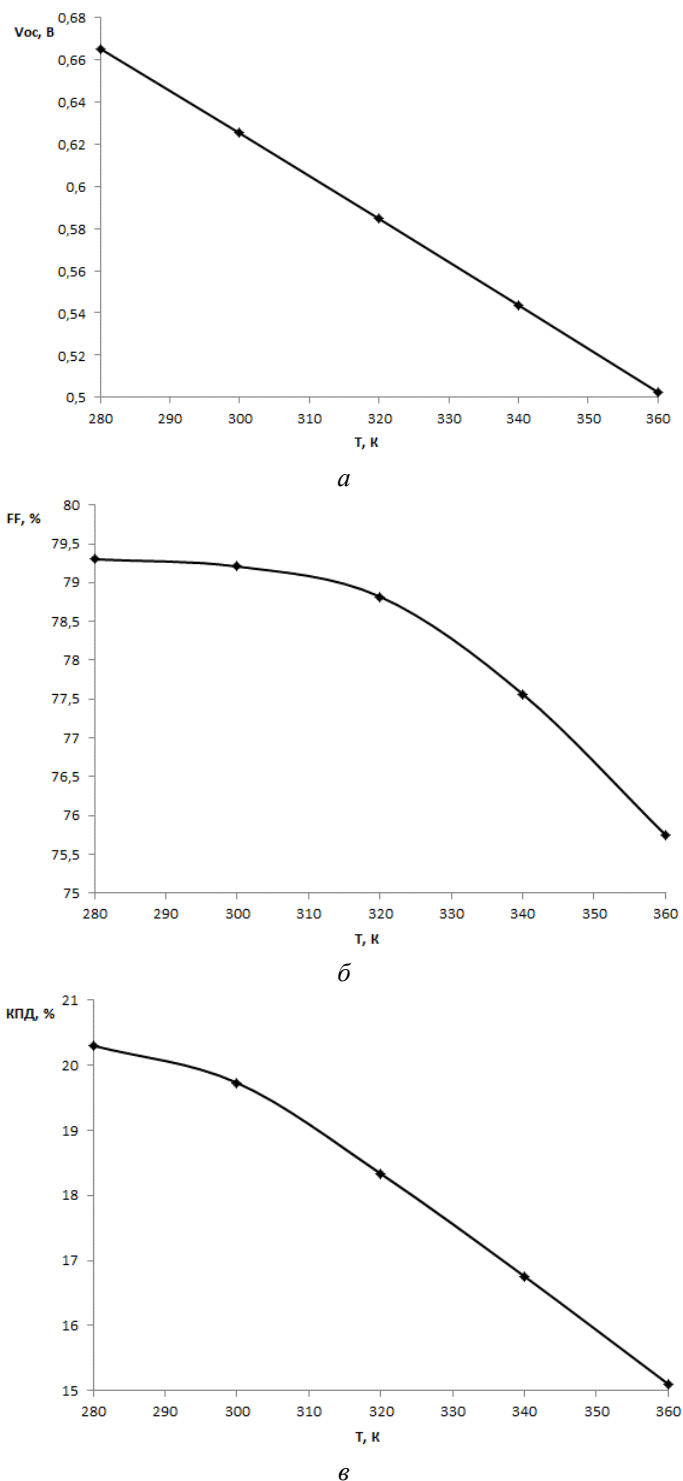


Рис. 3. Температурные зависимости напряжения холостого хода (а), коэффициента заполнения (б) и КПД (в)

Таким образом, очевидна высокая степень влияния рабочей температуры на электрические и эксплуатационные характеристики солнечного элемента диодного типа на основе тонких плёнок с высоким коэффициентом поглощения.

Литература

1. Гременок, В. Ф. Солнечные элементы на основе полупроводниковых материалов / В. Ф. Гременок, М. С. Тиванов, В. Б. Залесский. – Минск: Изд. Центр БГУ, 2007. – 223 с.
2. Афанасьев, В. П. Тонкопленочные солнечные элементы на основе кремния / В. П. Афанасьев, Е. И. Теруков, А. А. Шерченков. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011. – 168 с.

УДК 004.4

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ТОРМОЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ В АВАРИЙНОЙ ОБСТАНОВКЕ

студент гр. 10309115 Зарубин В.А.,

Научный руководитель – канд. техн. наук Миронов Д.Н.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Согласно статистическим данным наиболее распространённым видом дорожно-транспортных происшествий являются столкновения и наезды на пешеходов. Основными причинами этого являются: низкая концентрация внимания, медленная реакция, приложение недостаточных усилий для оптимально эффективного торможения и т.д. В результате возникает дефицит времени, необходимого для принятия решения.

Решением данной проблемы будет автоматизация процессов управления автомобилем.

В работе разработана автоматическая система торможения, которая автоматически осуществляет торможение в аварийной обстановке (рис. 1). Для разработки данной системы взят современный автомобиль белорусско-китайского производства Gelly Emgrand 7.

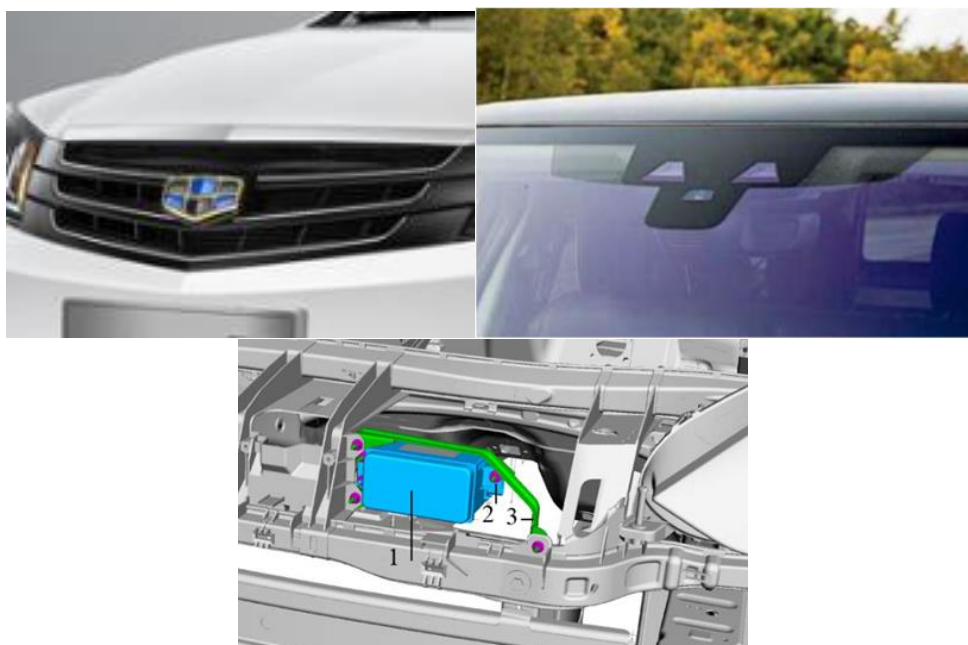


Рис. 1 Размещение камеры и радиолокационного датчика автоматической системы торможения

Автомобиль претерпел модернизацию тормозной системы и дооснащен органами технического зрения.

Разработанная система может самостоятельно, без участия водителя, корректировать дистанцию в транспортном потоке, компенсировать ошибки водителя при аварийном торможении, а также приводить в действие средства пассивной безопасности (натягивать ремни безопасности, изменять положение сидений и подголовников).

Разработанное конструктивное решение может быть реализовано на любом автомобиле, который оснащен современной антиблокировочной системой.

Литература

1. Ветлинский В.Н., Юрчевский А.А., Комлев К.Н. Бортовые автономные системы управления автомобилем. — М.: Транспорт, 1984. — 189 с.
2. Юрчевский А.А., Еникеев Б.Ф., Попов А.И. Автоматизация агрегатов и систем автомобиля. Тормозное управление // «МАДИ». — М., 1996. — 56 с.
3. Ютт В.Е., Резник А.М., Морозов В.В., Попов А.И. Эксплуатация антиблокировочных систем легковых автомобилей. учеб. пособие // МАДИ (ГТУ). — М., 2003. — 225 с.
4. А. М. Иванов, д.т.н., проф. А. Н. Солнцев, к.т.н., проф. МАДИ. Перспективы развития интеллектуальных бортовых систем автотранспортных средств в Российской Федерации. // Журнал автомобильных инженеров № 6 (65) 2010 г.
5. Системы автоматического экстренного торможения: монография / А.М. Иванов, С.Р. Кристальный, Н.В. Попов. — М.: МАДИ, Алексеев, В.Е. Вычислительная техника и

УДК 621.316.71

КОНСТРУКЦИЯ ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМОГО ОПОРНО-ПОВОРОТНОГО УСТРОЙСТВА

студент гр. 11302116 Козляковский А. В.,¹

Научный руководитель - канд. техн. наук, доцент Здоровцев С.В.²

¹ Белорусский национальный технический университет, ² ОАО «МНИПИ»,
Минск, Беларусь

Рассмотрена конструкция программно-управляемого опорно-поворотного устройства (ОПУ), предназначенного для пространственной ориентации радиоэлектронных средств (измерительных антенн, радиоприемных, радиопередающих устройств, радаров и др.) по трем угловым координатам: азимутальному углу, углу места и углу плоскости поляризации (рисунок 1).

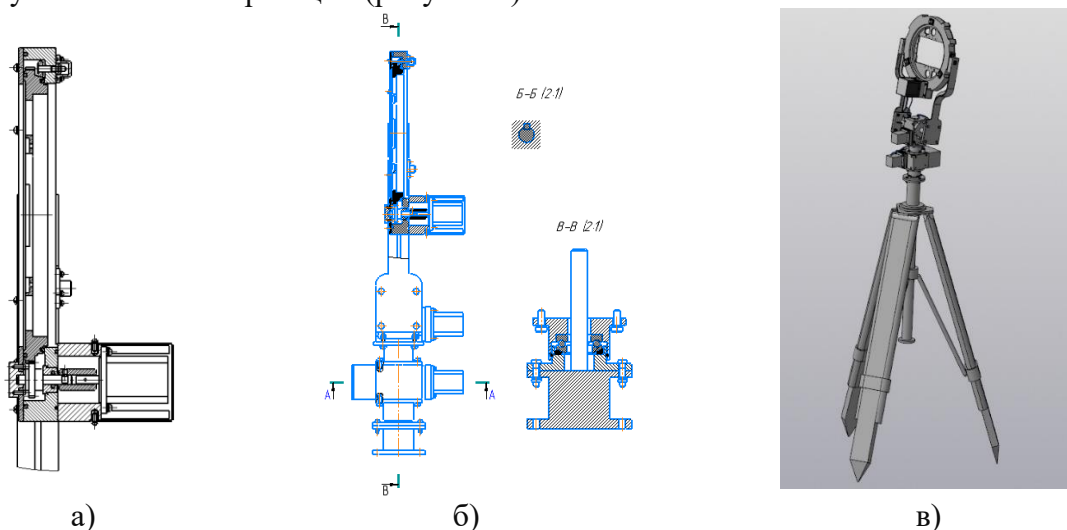


Рис. 1. Программно-управляемое ОПУ: а) конструкция узла поворота по плоскости поляризации, б) конструкция поворотных механизмов ОПУ, в) ОПУ в сборе

Пространственная ориентация осуществляется дистанционно с помощью поворотных механизмов, приводимых в движение шаговыми двигателями марки 57HS7630A4J-3 1.8 * 3.0 A SUMTOR с редукторами модели NMRV; size 30; ratio 60. Использование шаговых двигателей дает возможность автоматизировать процесс управления ОПУ с помощью ПК с установленным прикладным ПО.

Технические характеристики ОПУ:

- угол поворота по азимуту от 0° до 360° с отсчётом $0,1^\circ$;
- угол поворота по углу места от минус 90° до плюс 90° с отсчётом $0,1^\circ$
- угол поворота плоскости поляризации от минус 90° до плюс 90° с отсчётом 1°

Предложенное программно-управляемое ОПУ может быть использовано для пространственной ориентации различных объектов в лабораторных, заводских и полевых условиях. Автоматизация процесса управления ОПУ позволяет значительно снизить время выполнения операций контроля параметров и характеристик радиоэлектронных средств и существенно повысить производительность работы оператора.

УДК 004.4

РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОБИЛЬНОГО МЕТЕОКОМПЛЕКСА

студент гр. 10309115 Крюков Н.Н.,

Научный руководитель – канд.техн. наук Миронов Д.Н.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

В современном мире существует потребность получать точные сведения о погодных условиях: метеоразведка с места производства взлета/посадки самолета или вертолета, производства высотных строительных работ и других областях деятельности человека.

Современная метеостанция должна быть мобильной и универсальной, способной работать автономно в течении заданного промежутка времени. Мобильность метеостанции должна быть обеспечена установкой на современную мобильную базу и минимальным временем разворачивания в любых метрологических условиях.

В работе разработан универсальный метеокомплекс размещенный в современном автомобиле отечественного производства Gelly Emgrand 7, пол багажника которого оборудован тремя отсеками с выдвигающимися ящиками (Рис. 1).



Рис. 1 Автомобиль и пневматическая, телескопическая мачта метеокомплекса торма-

Осуществлена подборка современного оборудования для измерения параметров окружающей среды и вспомогательные приборы: анеморумбометр, нефелометр, аккумулятор и солнечная панель, барометр цифровой и другие.

Разработана современная пневматическая, телескопическая, мобильная мачта, которая в кратчайшие сроки переводится из транспортного в рабочее положение с помощью которой можно измерять параметры окружающей среды на высоте до 10 метров.

Разработанный универсальный метеокомплекс способен в кратчайшие сроки прибыть в назначенную местность, измерить широкий спектр параметров окружающей среды с высокой степенью точности. Измеренные параметры окружающей среды могут быть переданы по различным каналам связи потребителям и заказчикам услуг.

Литература

1. Стерзант М.С. Метеорологические приборы и измерения. 2-е изд., перераб.Л.: 1985, Вып.3. Ч.1. 302 с.
2. Гаврилов, В. А. Прозрачность атмосферы и видимость. – Изд. 2-е, перераб., доп. – Л.: Гидрометеиздат, 1958-167с.
3. ГОСТ 2.702-75 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем. – Взамен ГОСТ 2.702-69. Введен 01.07.1977.–М.: Издательство стандартов, 2005.–31 с.

УДК 57.078.31/.37

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ ДЕРМАТОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Студент гр. 915501 (магистрант) Брилон А.А.

Научный руководитель - кандидат физ.-мат. наук, доцент Шахлевич Г.М.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Использование глубокого обучения и нейронных сетей в медицине активно развивается благодаря постоянно увеличивающейся базе доступных медицинских изображений, возросшей вычислительной мощности и появлению облачных хранилищ данных. Нейронные сети могут быть полезны следующим образом: помочь врачам быстрее и точнее интерпретировать изображения, уменьшить количество врачебных ошибок, помочь пациентам самостоятельно анализировать свое здоровье.

Предлагаемое решение основано на СНС(сверточный нейронной сети) – сеть, которая обрабатывает передаваемые данные не целиком, а фрагментами. Данные последовательно обрабатываются, а после передаются дальше по слоям. Сверточные нейронные сети состоят из нескольких типов слоев: сверточный слой, субдискретизирующий слой, слой полносвязной сети (когда каждый нейрон одного слоя связан с каждым нейроном следующего – полная связь). Слои свертки и подвыборки (субдискретизации) чередуются и их набор может повторяться несколько раз (см. рис. 1). К конечным слоям часто добавляют перцептроны, которые служат для последующей обработки данных. Название архитектура сети получила из-за наличия операции свёртки, суть которой в том, что каждый фрагмент изображения умножается на матрицу (ядро) свёртки поэлементно, а результат суммируется и записывается в аналогичную позицию выходного изображения. Необходимо это для перехода от конкретных особенностей изображения к более абстрактным деталям.

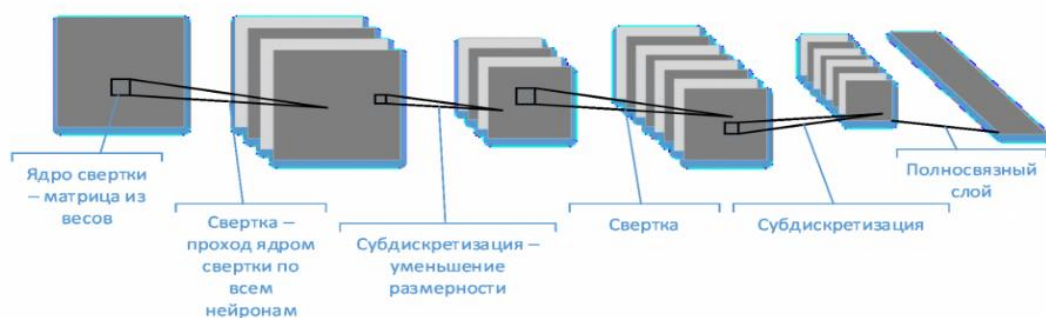


Рис. 1. Архитектура сверточной нейронной сети

Со сверткой связаны важные идеи, которые помогают улучшить систему машинного обучения: разреженные взаимодействия, разделение параметров и эквивариантные представления. Обучение – это процесс, в котором параметры нейронной сети настраиваются посредством моделирования среды, в которую эта сеть встроена [1].

Алгоритм проходит обучение на анонимизированных медицинских изображениях таких заболеваний как: акне, рак кожи, дерматит, лишай, экзема, аллергия. Данный список динамичен и может быть изменен. Как параметры для анализа могут использоваться такие данные как: пол, возраст, вес, хронические заболевания и патологии пациента; цветовой градиент, размер, форма и место проявления заболевания.

В будущем при увеличении базы данных, вычислительных мощностей и расширении списка анализируемых параметров возможно предсказание развития заболевания и сопутствующих осложнений.

Литература

1. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение / пер. с англ. А. А. Слинкина. – 2-е изд., испр. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 652 с.

УДК 621.383.51

ПРОЕКЦИОННЫЙ ДИСПЛЕЙ НА ОСНОВЕ МЭМС

Садченко В.В.

Научный руководитель – старший преподаватель кафедры микро- и наноэлектроники, зав. научно-исследовательской лабораторией 4.4 «Компьютерное проектирование микро- и наноэлектронных систем» Ловиенко И.Ю

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Современные технологии вывода визуальной информации ограничены по эффективности, производительности или спектру применения [1]. Так, например, системы на базе жидкокристаллических дисплеев и электронно-лучевых трубках не способны поддерживать высокую яркость изображения, имеют проблемы с однородностью и стабильностью [2]. Светоотражающие жидкокристаллические системы, характеризуются низкой контрастностью. *LCLV* подходят для применений, требующих высокую яркость изображения, однако имеют относительно большие размеры и низкую стабильностью. В 1996 году *Texas Instruments (TI)* [3] представила высокоэффективную проекционную технологию на основе микроэлектромеханических систем (МЭМС), которая позволила решить многие из описанных проблем. Цифровые световые процессоры (англ. *Digital Light Processing, DLP*) компании *TI* состоят из цифровых или деформируемых двумерных массивов микрзеркал (англ. *Digital Micromirror Device, DMD*), которые используются в качестве электростатических управляемых модуляторов света.

Приборная структура *DMD*-пикселя (рис. 1) имеет алюминиевое зеркало площадью 16 квадратных микрометров, которое может отражать свет в одном из двух направлений, в зависимости от состояния основной ячейки памяти. Зеркало вращается за счет электростатического притяжения, создаваемого разностью напряжений, возникающих в воздушном зазоре между зеркалом и нижележащей ячейкой памяти. Вращение зеркала ограничено механическими упорами. Когда ячейка памяти находится в состоянии включено зеркало поворачивается на $+10^\circ$, когда в выключенном состоянии – минус 10° . Таким образом, зеркало отражает падающий свет либо в объектив проекционной линзы, либо не попадает в него.

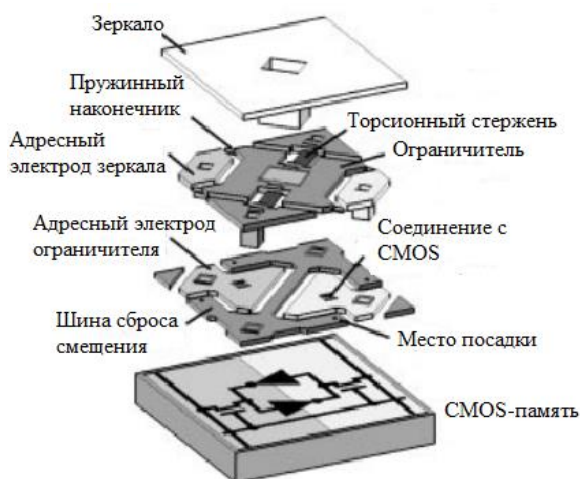


Рис. 1. Приборная структура *DMD*-пикселя [4]

Моделирование микромеханических устройств может представлять значительные трудности. Для создания моделей таких устройств необходимо решение целого комплекса задач математической физики (деформации твердого тела, теплопроводности, диффузии, электростатики, гидродинамики и других). Кроме того, моделирование микроустройств требует учета факторов, обычно не принимаемых во внимание при анализе устройств на макроуровне: сопротивления воздуха и силы тяжести в электростатических устройствах, поверхностного натяжения жидкости в жидкостных устройствах. Для описания поведения микромеханических устройств применяются различные подходы: аналитические, с помощью поведенческих моделей (*ROM*), с использованием дискретной модели на основе конечных элементов, сочетание нескольких способов описания.

Универсальные пакеты конечного элементного анализа, такие, как *ANSYS*, *Algor*, *Comsol Multiphysics (Femlab)* и другие, обеспечивают решение описанных выше задач [5]. Одним из таких инструментов является программный продукт *CoventorWare* и его различные модули. Так, например, используя программный модуль *MEMS+* можно создать описание приборной структуры и выполнить моделирование эксплуатационных характеристик цифрового светового процессора. Одним из важных параметров, который можно рассчитать, являются динамические угловые отклики. Приборная структура *DMD*-пикселя для обеспечения требуемого быстродействия видеоприложений должна перемещать зеркало из одного крайнего положения в другое с максимально возможной скоростью, не приводящей к выходу устройства из строя (энергия удара должна быть минимизирована). Одним из ключей к достижению целей оптимизации является эффективная структура сигнала напряжения, которая направлена на получение желаемых динамических угловых откликов от зеркала (динамическая адресация). Также *CoventorWare* поможет в нахождении частоты собственных колебаний и определение напряжений и деформации в условиях статического нагружения.

Расчеты с использованием программного продукта *CoventorWare* предлагают возможность выполнения мультифизического (междисциплинарного) анализа компонентов МЭМС с учетом факторов, оказывающих существенное влияние на работу микроустройств. Учет этих факторов позволяет в ряде случаев существенно уточнить результаты вычислений и избежать ошибок при их изготовлении.

Литература

1. Лабунов, В.А. Современные дисплеи: перспективы миниатюризации / В.А. Лабунов, П.В. Жагиро, П.С. Кацуба, А.Г. Смирнов // Доклады БГУИР. – 2008. – № 5. – С. 5–28.
2. Томилин М.Г., Невская Г.Е. Дисплеи на жидких кристаллах / М.Г. Томилин, Г.Е. Невская. – СПб : СПбГУ ИТМО, 2010. – 108 с.
3. Hornbeck, L.J. Digital Light Processing™ and MEMS: An Overview / L. J. Hornbeck // Proc. Dig. IEEE/LEOS Summer Topical Meetings Opt. MEMS Applicat. – 1996. – P. 7–8.
4. A MEMS-Based Projection Display / Peter F. Van kessel, Larry J. Hornbeck, Robert E. Meier, Michael R. Douglass // Proceedings of the IEEE. – 1998. – Vol. 86. – № 8. – P. 1687–1704.
5. Компьютерное моделирование компонентов МЭМС / Ю.В. Коловский, А.А. Левицкий, П.С. Маринушкин // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем (МЭС). – 2008. – № 1. – С. 398-401.

УДК 621.3.049.77: 621.793

ИЗМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЛЕНОК ОКСИДА ВАНАДИЯ ПРИ ОТЖИГЕ

аспирант Нгуен Т. Д.¹,
аспирант Занько А. И.²,
магистрант То Т. К.¹

¹Научный руководитель – канд. техн. наук *Голосов Д. А.*

²Научный руководитель – канд. техн. наук *Котов Д. А.*

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Введение. В последние годы интенсивно ведутся исследования, направленные на разработку неохлаждаемых микроболометрических матриц инфракрасного диапазона, использующих терморезистивные свойства чувствительного элемента [1]. Работа такого микроболометра основана на повышении температуры термочувствительного материала (терморезистора) за счет поглощения падающего ИК излучения. Изменение температуры вызывает изменение электрического сопротивления терморезистора, которое преобразуется в напряжение и измеряется внешней цепью. Термочувствительный материал микроболометра должны обладать высоким значением температурного коэффициента электрического сопротивления (ТКС), малыми значениями удельного сопротивления ρ , теплопроводности и шумов. Одним из таких материалов является оксид ванадия VO_x . Полученные методом реактивного магнетронного распыления пленки аморфного оксида ванадия обладают требуемыми характеристиками: $\rho = (0.6 - 4.0) \times 10^{-2}$ Ом \times м, ТКС = 2.2 – 2.3 %/°C [2]. Однако в технологическом процессе производства микроболометрических датчиков после нанесения слоя оксида ванадия производится еще ряд термических процессов. Аморфный оксид ванадия не обладает достаточной термической стабильностью, и проявляет тенденцию к дальнейшему окислению и кристаллизации при повышенных температурах. Процессы кристаллизации в пленках оксида ванадия отмечаются уже при температурах около 200 °C [3]. Кроме того поливалентная природа ванадия приводит к

стабилизации ряда различных оксидных фаз, и только некоторые из них обладают требуемыми свойствами. Поэтому для стабилизации требуемого состава и кристаллической структуры оксида ванадия после нанесения пленок требуется проводить отжиг [4]. И в данном случае процесс отжига является одним из ключевых факторов, определяющих конечную структуру, состав и свойства пленок оксида ванадия. При этом температура отжига должна превышать все последующие температурные процессы, но ограничена термостойкостью полиимида, используемого при формировании подвешенных ячеек микроболометров (400 °С).

Чаще всего однофазные пленки низших оксидов ванадия получают путем высокотемпературного отжига высшего оксида V_2O_5 в вакууме, инертной или в восстановительной атмосфере при температурах 500 – 1000 °С. Однако при этом возникает целый ряд проблем: взаимодействие материалов пленки и подложки, деградация характеристик ранее сформированных КМОП структур и т.п. Одним из возможных путей решения данной задачи является нанесение низших оксидов (VO , V_2O_3) и дальнейшее их окисление и кристаллизация. Поэтому исследование возможности относительно низкотемпературного синтеза однофазных пленок низших оксидов ванадия представляет собой актуальную задачу. Таким образом целью работы являлось исследование влияния параметров процесса нанесения и последующего отжига на электрофизические свойства пленок оксида ванадия.

1. Эксперимент. Пленки оксида ванадия наносились методом импульсного реактивного магнетронного распыления V мишени (чистота 99.96 %) в среде Ar/O_2 рабочих газов. Схема установки магнетронного нанесения и методика проведения экспериментов по нанесению пленок описана в статье [2]. Пленки оксида ванадия наносились на структуры Si_3N_4/Si и оптическое стекло BK7. Концентрация кислорода в Ar/O_2 смеси газов Γ_{O_2} изменялась от 16.67 до 33.34 %. Толщина нанесенных пленок составляла около 150 нм и регулировалось временем нанесения в зависимости от концентрации кислорода в Ar/O_2 смеси газов. Для формирования кристаллической структуры нанесенные пленки подвергались отжигу в атмосфере O_2 на установке ИК нагрева R-321B2AN (*Nabertherm*, Германия). Температура отжига изменялась от 200 до 450 °С. Время отжига 10 мин.

Толщина нанесенных слоев определялась с помощью оптического интерферометрического профилометра ПОИ-08. Спектры оптического пропускания пленок в диапазоне 300 – 900 нм получены с помощью спектрофотометра Проскан МС-121.

Для исследования электрических свойств нанесенных пленок формировались тестовые структуры. Для этого на пленку оксида ванадия методом ионно-лучевого распыления наносились Ni контакты. Сформированные резисторы имели прямоугольную форму размером 7.5×15 мм (коэффициент формы $K_\phi = 0.5$). Электрическое сопротивление резисторов измерялось при комнатной температуре при токе 100 мкА. Удельное сопротивление пленок рассчитывалось исходя из сопротивления резистора R , его коэффициента формы K_ϕ и толщины пленки оксида ванадия по формуле

$$\rho = \frac{Rd}{K_\phi} \quad (1)$$

где d – толщина пленки оксида ванадия.

При измерениях ТКС пленок температура терморезисторов изменялась от комнатной до 90 °С и обратно со скоростью 4 °С/мин. Температурный коэффициент сопротивления рассчитывался по формуле

$$\alpha = \frac{1}{R} \frac{dR}{dT} 100, \quad (2)$$

где T – температура терморезистора.

2. Результаты и обсуждение. Проведены исследования влияния отжига в атмосфере O_2 на электрические характеристики пленок оксида ванадия. На рис. 1 представлена зависимость удельного сопротивления при комнатной температуре от температуры отжига $\rho(T_{an})$ пленок оксида ванадия нанесенных при различной концентрации кислорода в Ar/O_2 смеси газов. Как видно из рисунка зависимости $\rho(T_{an})$ имели сложный характер и во многом определялись Γ_{O_2} .

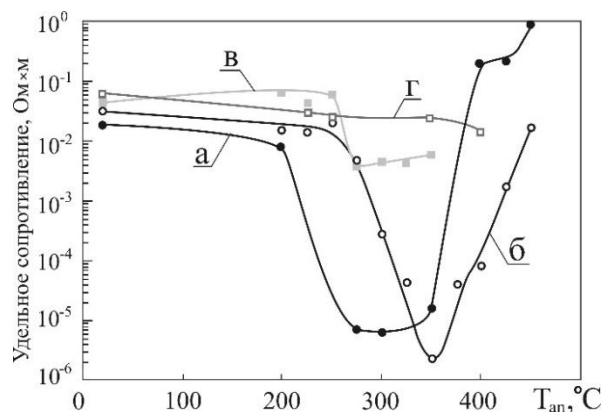


Рис. 1. Зависимость удельного сопротивления от температуры отжига пленок оксида ванадия нанесенных при различной концентрации кислорода в Ar/O_2 смеси газов: а – 16.67 %, б – 25 %, в – 27.5 %, г – 33.34 %

Независимо от Γ_{O_2} удельное сопротивление пленок оксида ванадия практически не изменялось при температурах отжига до 200 – 250 °С. Для пленок, нанесенных при Γ_{O_2} менее 25 %, при увеличении температуры до 300 – 350 °С удельное сопротивление снижалось $10^{-6} - 10^{-5}$ Ом·м. При дальнейшем увеличении температуры ρ резко увеличивалось и достигало 1.0 Ом·м при температурах более 450 °С. При увеличении концентрации кислорода до 27.5 % снижение удельное сопротивление при температурах отжига 275 – 350 °С было не столь значительное $\rho = (3 - 6) \times 10^{-3}$ Ом·м. При дальнейшем повышении T_{an} более 350 °С удельное сопротивление также увеличивалось и становилось более 1.0 Ом·м. При концентрации кислорода 33.34 % удельное сопротивление пленок практически не зависело от температуры отжига и составляло $(2 - 7) \times 10^{-2}$ Ом·м.

ТКС пленок оксида ванадия также имел сложную зависимость от температуры отжига и Γ_{O_2} (рис. 2). Было обнаружено, что ТКС пленок связан с удельным сопротивлением. В основном пленки, имеющие низкое ρ имели низкие значения ТКС. Для пленок, нанесенных при низких концентрациях кислорода ($\Gamma_{O_2} = 16.67\%$) ТКС снижался с 2.2 %/°С до 0.1 – 0.2 %/°С при температурах отжига 275 – 300 °С, что связано с уменьшением удельного сопротивления пленок. При дальнейшем увеличении T_{an} ТКС пленок увеличивался, что связано с увеличением ρ пленок. Для пленок, нанесенных при $\Gamma_{O_2} = 25\%$, ТКС незначительно снижался с 2.3 до 2.05 %/°С при $T_{an} = 275$ °С. При дальнейшем увеличении температуры происходило резкое снижение удельного сопротивления и ТКС пленок. Однако при этом наблюдалось формирование фазового перехода (ФП) с гистерезисом (рис. 3). Фазовый переход в районе 67 °С характерен для диоксида ванадия VO_2 . При увеличении температуры отжига скачек сопротивления R_{max}/R_{min} при фазовом переходе увеличивался и достигал максимума ($R_{max}/R_{min} = 230$) при температуре 400 °С (рис. 4).

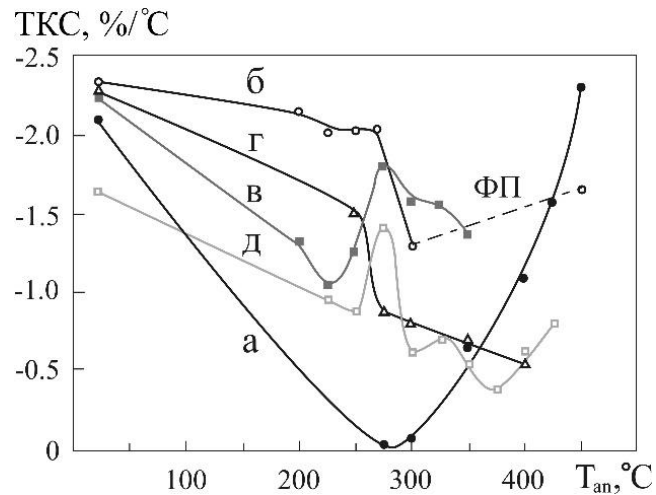


Рис. 2. Зависимость ТКС от температуры пленок оксида ванадия, нанесенных при различной концентрации кислорода в Ar/O₂ смеси газов: а – 16.67 %, б – 25 %, в – 27.5 %, г – 29.17 %, д – 33.34 % (ФП – фазовый переход)

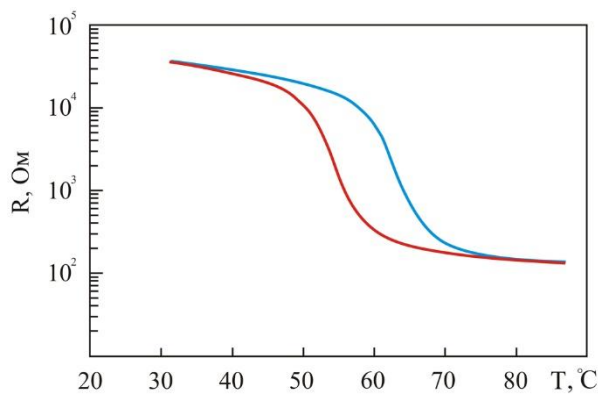


Рис. 3. Изменение сопротивления VO_x резистора при фазовом переходе ($G_{O_2} = 25\%$, $T_{an} = 400\text{ °C}$)

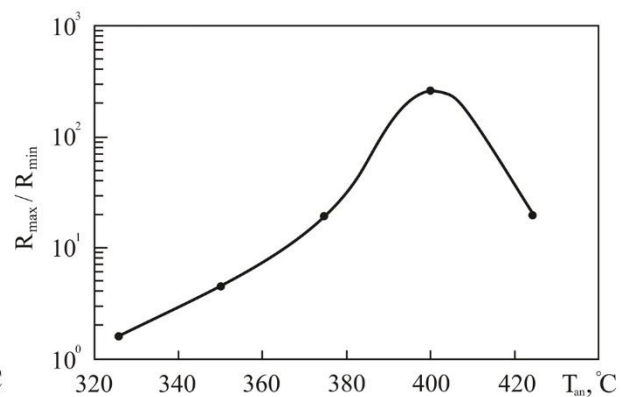


Рис. 4. Зависимость скачка сопротивления при фазовом переходе от температуры отжига ($G_{O_2} = 25\%$)

При дальнейшем увеличении температуры скачек сопротивления уменьшался и при $T_{an} = 450\text{ °C}$ фазовый переход пропадал. Для пленок, нанесенных при большей концентрации кислорода ($G_{O_2} \geq 27.5\%$), ТКС пленок в общем случае снижался при увеличении температуры отжига. Однако при $T_{an} = 225 - 350\text{ °C}$ наблюдались скачки ТКС, что, по-видимому, связано с изменением степени окисления ванадия и структуры пленок.

Анализ полученных результатов показывает, что с точки зрения использования пленок оксида ванадия в качестве термочувствительных слоев лучше использовать пленки, нанесенные при концентрации кислорода в Ar/O₂ смеси газов 25%. При отжиге таких пленок до температуры 250 – 275 °C удельное сопротивление и ТКС пленок снижаются незначительно и составляют примерно $10^{-2}\text{ Ом}\times\text{м}$ и 2.05 \%/°C соответственно.

Заключение. Проведены исследования влияния отжига в атмосфере O₂ на удельное сопротивление и ТКС пленок оксида ванадия, нанесенных методом импульсного реактивного магнетронного распыления V мишени в Ar/O₂ смеси газов. Установлено, что пленки, нанесенные при концентрации кислорода в Ar/O₂ смеси газов 25% и отожженные при температуре 250 – 275 °C в атмосфере кислорода, имеют удельное сопротивление порядка $10^{-2}\text{ Ом}\times\text{м}$ при ТКС = 2.05 \%/°C . Данные пленки можно применять в качестве активных слоев микроболометров.

Литература

1. Rogalski, A. Infrared Detectors for the Future / A. Rogalski // Acta physica polonica A. – 2009. – Vol. 116 (3). – P. 389–406.
2. Нгуен, Т. Д. Электрофизические свойства пленок оксида ванадия, нанесенных методом реактивного магнетронного распыления / Т. Д. Нгуен [и др.] / Доклады БГУИР. – 2020. – Т. 18, № 6. – С. 94–102.
3. Mauger, A. Review V₂O₅ thin films for energy storage and conversion / A. Mauger, M. J. Christian // AIMS Materials Science. – 2018. – Vol. 5 (3). – P. 349–401.
4. Semiconductor to metal phase transition in the nucleation and growth of VO₂ nanoparticles and thin films / J. Y. Suh [et al.] // Journal of Applied Physics. – 2004. – Vol. 96 (2). – P. 1209–1213.

УДК 621.3.049.77: 621.793

ФОРМИРОВАНИЕ ПЛЕНОК ОКСИДА ГАФНИЯ-ЦИРКОНИЯ МЕТОДОМ РЕАКТИВНОГО МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ МИШЕНИ

аспирант Доан Х. Т.¹,
младший научный сотрудник Вилья Н.,
магистрант Пивоварчик С. С.²,
магистрант Лам Н. Н.¹

¹Научный руководитель – канд. техн. наук Голосов Д. А.

²Научный руководитель – канд. техн. наук Завадский С. М.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Беларусь

Введение. В последние годы оксид гафния HfO₂ стал рассматриваться в микроэлектронике как наиболее перспективный диэлектрик с высокой диэлектрической проницаемостью для замены традиционного применяемого в качестве подзатворного диэлектрика в структурах металл – диэлектрик – полупроводник диоксида кремния SiO₂ [1]. Оксид гафния сочетает в себе высокую диэлектрическую проницаемость $\epsilon = 16\text{--}25$ и большую ширину запрещенной зоны $E_g = 5.6\text{--}5.8$ эВ, высокую термодинамическую совместимость на границе раздела с кремнием и высокие энергетические барьеры для электронов и дырок относительно кремния (соответственно 2.0 и 2.5 эВ) [2-4]. Как следствие, электрофизические свойства тонких пленок HfO₂ активно исследовались, и было показано, что аморфный оксид гафния обладает улучшенными диэлектрическими свойствами, по сравнению с сильной кристаллической фазой [5]. Однако оксид гафния не обладает достаточной термической стабильностью, и проявляет тенденцию к кристаллизации при температурах 400 – 450 °С [6]. В результате в структуре поликристаллических пленок формируется ряд дефектов, которые приводят к увеличению токов утечки по границам зерен [6, 7].

Один из способов получения термостойких аморфных пленок HfO₂ основан на легировании оксида гафния аморфизирующими примесями (Si, Al, Y, Gd, La и др.). До 2011 года пленки легированного оксида гафния рассматривались исключительно в качестве линейных диэлектриков, и интерес был обусловлен поиском материалов с высокой диэлектрической проницаемостью. В 2011 году были впервые получены сегнетоэлектрические слои при легировании HfO₂ оксидом циркония ZrO₂ (HZO) [8]. Было установлено, что наибольшая поляризация получена для пленок состава Hf_{0.5}Zr_{0.5}O₂. Метод реактивного магнетронного распыления как раз и является низкотемпературным процессом, который позволяет наносить многокомпонентные тонкие пленки высокого качества с управляемым стехиометрическим составом путем распыления мозаичных мишеней.

Таким образом, целью работы было исследование возможности получения пленок HZO методом реактивного магнетронного распыления и влияния параметров процесса на диэлектрические характеристики этих пленок.

1. Эксперимент. Схема экспериментальной установки для нанесения пленок HZO представлена на рис. 1. Установка выполнена на базе вакуумного поста Leybold-Heraeus A550 VZK. Камера вакуумной установки оборудована внешним фланцевым ионным источником (ИИ) на основе ускорителя с анодным слоем DBIS-001, который использовался для предварительной очистки подложек. Для распыления сегнетоэлектрических мишеней использовалась магнетронная распылительная система RIF.041 с мишенью $\varnothing 41$ мм. Магнетронная распылительная система (МРС) устанавливалась вместо мишенного узла ионного источника.

Пленки HZO наносились методом импульсного реактивного магнетронного распыления комбинированной Hf-Zr мишени в Ar/O₂ смеси газов. Комбинированная мишень $\varnothing 41$ мм и толщиной 1 мм состояла из двух секторов из Hf и Zr в соотношении площадей 10:12 (рис. 2). Соотношение секторов выбиралось из условия получения пленок с равным соотношением Hf и Zr в наносимой пленке с учетом коэффициентов распыления каждого из материалов.

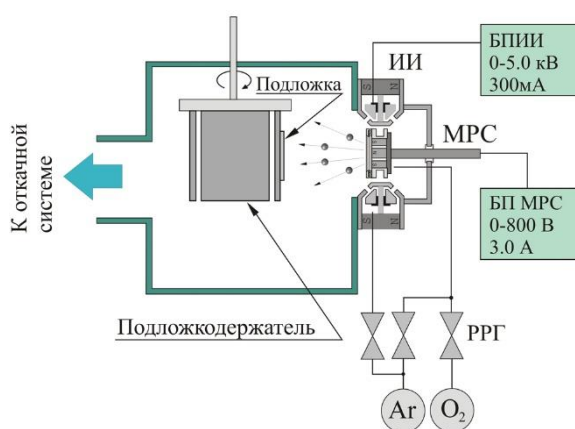


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для нанесения пленок HZO методом реактивного магнетронного распыления

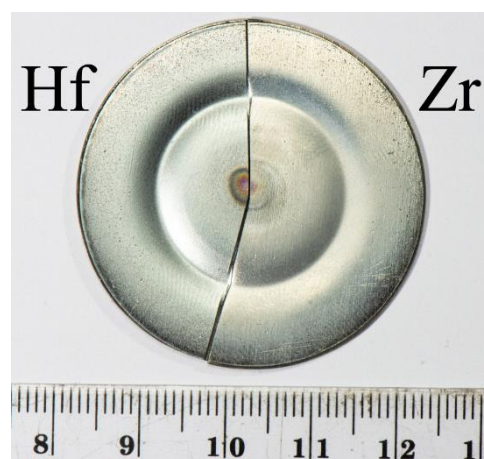


Рис. 2. Общий вид комбинированной Hf-Zr мишени после распыления

В качестве подложек использовались подложки высоколегированного монокристаллического кремния *p*-типа КДБ0.05(100). В ходе экспериментов подложки устанавливались на вращаемый подложкодержатель карусельного типа на расстоянии 82 мм от поверхности мишени магнетрона. Камера вакуумной установки откачивалась до остаточного давления 8×10^{-4} Па и производилась ионная очистка подложек. Для этого рабочий газ Ar подавался ионный источник до рабочего давления 0.02 Па. Время очистки, энергия ионов и ток разряда во всех экспериментах было постоянным и составляло соответственно 2 мин (режим вращения подложкодержателя), 500 эВ, 50 мА соответственно.

Затем производилось нанесение пленок HZO. Для этого подложки последовательно подводились в зону нанесения. В газораспределительную систему магнетрона подавались рабочие газы. Распыление мишени Hf-Zr осуществлялось в Ar/O₂ смеси газов. В процессе экспериментов содержание кислорода в Ar/O₂ смеси газов (Γ_{O_2}) изменялось от 0 до 40 % при общем расходе газа 50 мл/мин. Для поддержания заданного расхода газов использовались автоматические регуляторы расхода газа РРГ-1. Для питания магнетрона использовался источник питания АРЕL-М-1.5ВР-800-2 (ООО «Прикладная электроника», Россия) мощностью 1.5 кВт. При распылении использовался биполярный

ассимметричный импульсный ток (частота следования импульсов $F = 10$ кГц, амплитуда положительного импульса 60 В и длительность 3 мкс). В процессе нанесения ток разряда магнетрона поддерживался постоянным $I_t = 350$ мА. При этом напряжение разряда в зависимости от содержания кислорода изменялось от 295 до 354 В. Толщина нанесенных пленок составляла около 100 нм и регулировалась временем нанесения в зависимости от концентрации кислорода в Ar/O₂ смеси газов.

Толщина нанесенных пленок определялась на оптическом интерферометрическом профилометре ПОИ-08. Для измерения диэлектрических характеристик пленок HZO формировались МОП структуры. Для этого на пленку HZO методом ионно-лучевого распыления через маску наносился верхний Ni электрод толщиной 100 нм. Площадь обкладки конденсатора составляла 0.096 мм². Емкость и тангенс угла диэлектрических потерь измерялись с использованием измерителя иммитанса Е7-20 на частотах 25 – 10⁶ Гц. Значения диэлектрической проницаемости рассчитывались исходя из толщины диэлектрического слоя и емкости конденсаторной структуры.

2. Результаты и обсуждение. Проведены исследования влияния концентрации кислорода в Ar/O₂ смеси газов на скорость нанесения пленок HZO (рис. 3). При распылении Hf-Zr мишени в среде Ar скорость нанесения составляла 0.55 нм/с и снижалась до 0.18 нм/с при $\Gamma_{O_2} = 20$ %. Далее при увеличении Γ_{O_2} скорость нанесения снижалась незначительно до 0.15 нм/с при концентрации кислорода 40 %. По-видимому, при Γ_{O_2} более 20 % система переходила в реактивный режим работы, при котором мишень полностью была покрыта тонким слоем оксида.

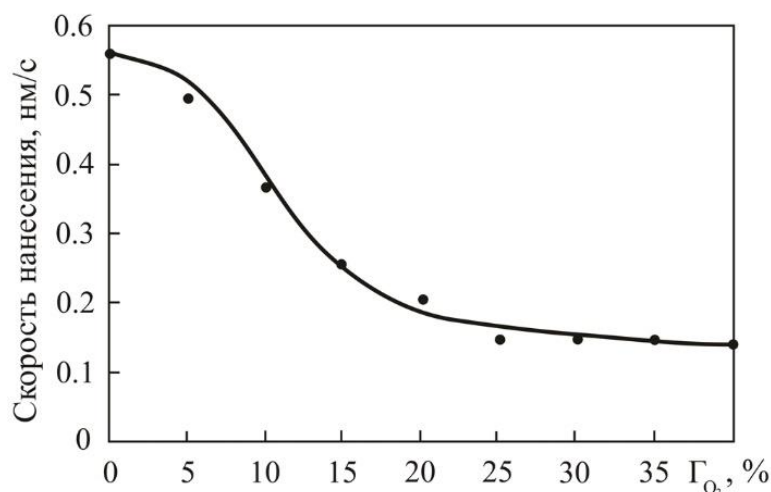


Рис. 3. Зависимость скорости нанесения пленок HZO от концентрации кислорода в Ar/O₂ смеси газов

Проведены исследования влияния параметров процесса импульсного реактивного магнетронного распыления на диэлектрические характеристики пленок HZO. На рис. 4 представлены частотные зависимости емкости и тангенса угла диэлектрических потерь $tg\varphi$ пленок HZO. Установлено, что независимо от концентрации кислорода в процессе нанесения, частотные зависимости емкости и тангенса угла диэлектрических потерь имели сходный характер. В диапазоне частот от 1.0 кГц до 1.0 МГц емкость конденсаторов практически не зависела от частоты (рис 4 а). Однако на низких частотах (менее 1.0 кГц) емкость резко увеличивалась и превышала емкость на низких частотах в 2 – 5 раз.

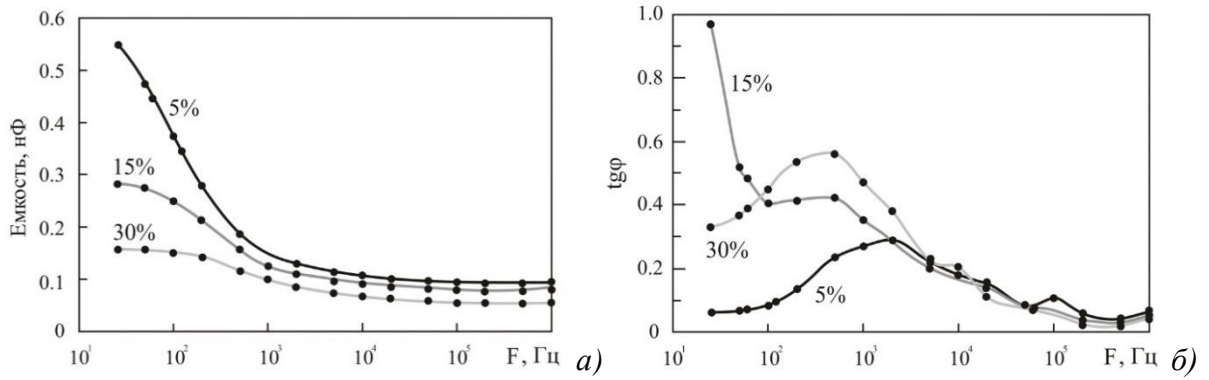


Рис. 4. Частотные зависимости емкости (а) и тангенса угла диэлектрических потерь (б) пленок HZO, нанесенных при различной концентрации кислорода в Ar/O₂ смеси газов

Тангенс угла диэлектрических потерь на высоких частотах составлял около 0.05, но на низких частотах диэлектрические потери резко увеличивались (рис. 4 б). Максимум диэлектрических потерь наблюдался на частотах 400 Гц – 1.0 кГц и достигал значения 0.3 – 0.5. На рис. 5 представлены зависимости диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь пленок HZO на частотах 1.0 кГц и 1.0 МГц от концентрации кислорода в Ar/O₂ смеси газов. Как видно из рисунка диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь зависели от Γ_{O_2} . При увеличении концентрации кислорода отмечалось снижение ϵ на частоте 1.0 МГц с 10.5 единиц при $\Gamma_{O_2} = 5\%$ до 4.5 единиц при $\Gamma_{O_2} = 40\%$. На частоте 1 кГц ϵ снижалось с 17 до 7.2. Тангенс угла диэлектрических потерь на частоте 1.0 МГц практически не зависел от Γ_{O_2} и составлял $tg\phi = 0.05$. На частоте 1.0 кГц диэлектрические потери увеличивались с 0.17 при $\Gamma_{O_2} = 5\%$ до 0.36 единиц при $\Gamma_{O_2} = 40\%$.

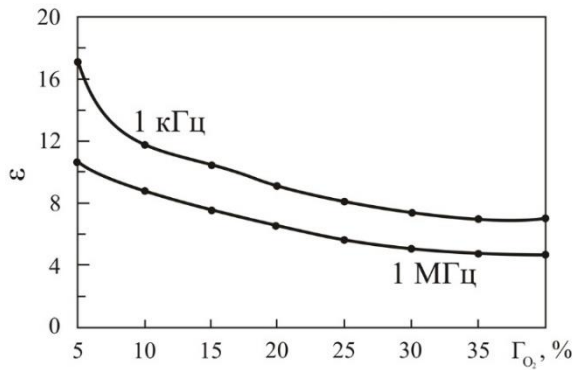


Рис. 5. Зависимость диэлектрической проницаемости пленок HZO на частотах 1.0 кГц и 1.0 МГц от концентрации кислорода в Ar/O₂ смеси газов

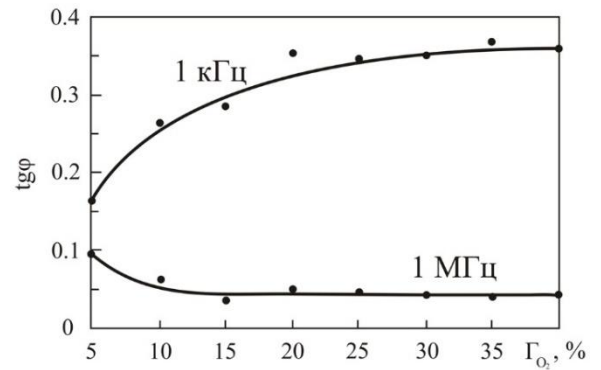


Рис. 6. Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь пленок HZO на частотах 1.0 кГц и 1.0 МГц от концентрации кислорода в Ar/O₂ смеси газов

Анализ полученных результатов показывает, что методом импульсного реактивного магнетронного распыления возможно получение пленок HZO с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 4.5 - 10.5$ и тангенсом угла диэлектрических потерь $tg\phi = 0,05$ на частоте 1.0 МГц. Сравнение полученных результатов с характеристиками ранее исследованных пленок оксида гафния и оксида циркония [9, 10] показывает, что пленки HZO имеют более низкие значения ϵ и более высокие значения диэлектрических потерь. Для сравнения значения ϵ и $tg\phi$ для пленок оксида циркония составляли $\epsilon = 9 - 14$, $tg\phi = 0,05 - 0,09$ и для оксида гафния $\epsilon = 17 - 22$ и $tg\phi = 0,03 - 0,05$ соответственно. Однако все эти результаты были получены на подложках из монокристаллического кремния *n*-типа. Снижение значения ϵ и увеличение диэлектрических потерь, по-видимому, связано с

формированием барьерного заряда на границе контакта слоя диэлектрика с полупроводником *p*-типа.

Заключение. Проведены исследования диэлектрических свойств пленок HfO₂, полученных методом реактивного магнетронного распыления комбинированной Hf-Zr мишени. Анализ полученных результатов показывает, что метод реактивного магнетронного распыления Hf-Zr мишени в Ar/O₂ смеси газов применим для нанесения пленок оксида гафния-циркония. Без нагрева подложек и последующего отжига получены пленки HfO₂ с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 4.5 - 10.5$ и тангенсом угла диэлектрических потерь $tg\phi = 0,05$ на частоте 1.0 МГц.

Литература

1. Wong, H. On the scaling issues and high- κ replacement of ultrathin gate dielectrics for nanoscale MOS transistors / H. Wong, H. Iwai // *Microelectronic Engineering*. – 2006. – Vol. 83 (10). – P. 1867–1904.
2. Jones, M. N. Dielectric constant and current transport for HfO₂ thin films on ITO / M. N. Jones, Y. W. Kwon, D. P. Norton // *Appl. Phys. A*. – 2005. – Vol. 81 (2). – P. 285–288.
3. Robertson, J. High-K materials and metal gates for CMOS applications / J. Robertson, R. M. Wallace // *Mater. Sci. Eng.* – 2015. – Vol. 88. – P. 1–41.
4. Zhang, H. H. Scaling behavior and structure transition of ZrO₂ films deposited by RF magnetron sputtering / H. H. Zhang, C. Y. Ma, Q. Y. Zhang // *Vacuum*. – 2009. – Vol. 83 (11). – P. 1311–1316.
5. Annealing effects of HfO₂ gate thin films formed by inductively coupled sputtering technique at room temperature / W. J. Choi [et al.] // *J. Korean Phys. Soc.* – 2004. – Vol. 45. – P. S716-S719.
6. High- κ ($\kappa = 30$) amorphous hafnium oxide films from high rate room temperature deposition / F. M. Li [et al.] // *Appl. Phys. Lett.* – 2011. – Vol. 98. – P. 252903-1–3.
7. Choi, J. H. Development of hafnium based high- κ materials – A review / J. H. Choi, Y. Mao, J. P. Chang // *Materials Science and Engineering R*. – 2011. – Vol. 72 (6). – P. 97–136.
8. Boescke T.S., Mueller J., Brauhaus D., et al. Ferroelectricity in hafnium oxide thin films // *Appl. Phys. Lett.*, – 2011. – Vol. 99. – P. 102903.
9. Диэлектрические характеристики пленок оксида гафния / Д. А. Голосов, С. М. Завадский, С. Н. Мельников, Н. Вилья // *Российские нанотехнологии*. – 2017. – Т. 12, № 9–10. – С. 63–68.
10. Формирование пленок оксида циркония методом реактивного магнетронного распыления / Н. Вилья, Д. А. Голосов, С. М. Завадский, С. Н. Мельников, Д. Э. Окоджи // *Взаимодействие излучений с твердым телом: материалы 12-й международной конференции, Минск, 19–22 сентября 2017 г.* – С. 438–440.

УДК 004.77

РЕАБИЛИТАЦИОННЫЕ ЭКЗОСКЕЛЕТЫ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА: ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ

Магистрант Дубовик А.В.

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

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Реабилитационные экзоскелеты объединяют в себе сенсорные, управляющие и другие технологии и проявляют характеристики бионики, робототехники, науки об управлении, медицины и других междисциплинарных областей. В последние годы был

достигнут значительный прогресс в проектировании механических устройств и систем управления. Тем не менее, все еще существует большой пробел в исследованиях совместного взаимодействия человек-робот.

Появляются все новые и новые области применения для технических систем в медицине, которые стимулируют развитие робототехнических объектов, в частности, активных экзоскелетов.

Приоритетным направлением, где находят свое применение экзоскелеты, является медицинская реабилитация. Основные направления развития робототехнических систем в медицине (РТС) [1,2] представлены на рисунке 1.



Рис. 1. Классификация робототехнических систем в медицине

Классификация реабилитационных экзоскелетов. Экзоскелеты для реабилитации нижних конечностей являются основным классом реабилитационных роботов, которые используются автономным способом и могут контролировать движения всех суставов в процессе ходьбы. Технология создания экзоскелетов – это комплексная технология, объединяющая чувствительные элементы, управление, информацию и информатику для обеспечения работы носимого механического устройства.

Реабилитационные экзоскелеты можно разделить на два типа, а именно реабилитационное стационарное устройство и реабилитационное автономное устройство.

Реабилитационные стационарные устройства используются для помощи передвижению ног, поддержки равновесия и обеспечения безопасности. В таких типах устройств используется система поддержки веса тела, которая необходима для снижения гравитационных сил, которые действуют на ноги. Примерами таких экзоскелетов являются ALEX, Lokomat и LOPES (рисунок 2).



Рис. 2. Реабилитационные стационарные устройства

Реабилитационные автономные устройства помогают пациентам в возобновлении наземной ходьбы, как показано на рисунке 3. Наиболее распространенными экзоскелетами являются eLEGS, Indego, ReWalk and HAL.



Рис. 3. Реабилитационные автономные устройства

Удобство ношения – одна из важнейших характеристик экзоскелетов для реабилитации нижних конечностей, и, следовательно, такие роботы должны иметь хорошую совместимость с человеком. Поэтому иллюстрирование анатомии нижних конечностей и анализ походки человека может обеспечить основу для проектирования и контроля экзоскелета нижних конечностей.

Анатомия нижних конечностей. Процесс ходьбы человека осуществляется, в основном, за счет нижних конечностей. Ходьба достигается путем координации между тазом, бедром, коленом и лодыжкой.

Все кости человека соединены посредством суставов, связок и сухожилий. Движение осуществляется с помощью сустава, в котором соединяются две кости. Суставы - подвижные соединения, область соприкосновения костей в которых покрыта суставной сумкой из плотной соединительной ткани.

Главная функция суставов - участвовать в осуществлении движений. Они выполняют роль демпферов, гасящих инерцию движения и позволяющих мгновенно останавливаться в процессе движения. Виды суставов: тазобедренный, коленный, голеностопный. В таблице 1 показаны степени свободы каждого сустава нижних конечностей.

Таблица 1. Степени свободы каждого сустава нижних конечностей

№	Сустав	Количество степеней свободы	Движение
1	Тазобедренный сустав	3	Сгибание / разгибание
			Отведение / приведение
			Внутреннее / внешнее вращение
2	Коленный сустав	2	Сгибание / разгибание
			Вращение
3	Голеностопный сустав	3	Подошвенное сгибание / тыльное сгибание
			Отведение / приведение
			Эверсия / инверсия

Для обеспечения кинематического анализа экзоскелета, необходимо рассмотреть изменения углов движения тазобедренного, коленного и голеностопного суставов в цикле ходьбы человека и выделить ряд углов. Используя время в качестве горизонтальной оси (единица измерения - секунда) и угла в качестве вертикальной оси (единица измерения - градус), строится кривая угла движения каждого соединения (рисунки 4-6). Посредством анализа кривой можно получить закон изменения угла каждого сустава при ходьбе и максимальный и минимальный углы сустава. В анализе углов движения основных суставов используются данные Гонконгского политехнического университета, Международного общества биомеханики и Центра аксессуаров для конечностей Данди. [3]

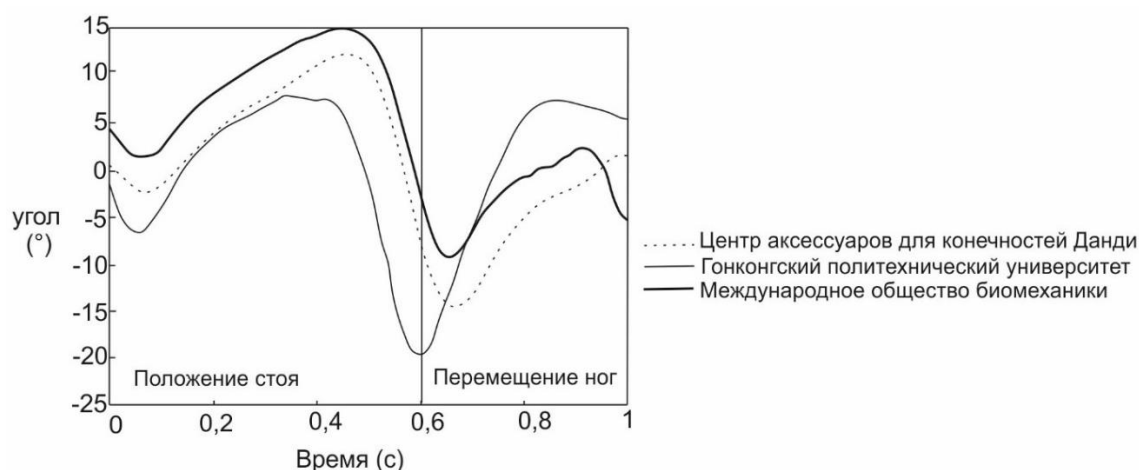


Рис. 4 – Кривая угла движения голеностопного сустава человека в сагиттальной плоскости со временем

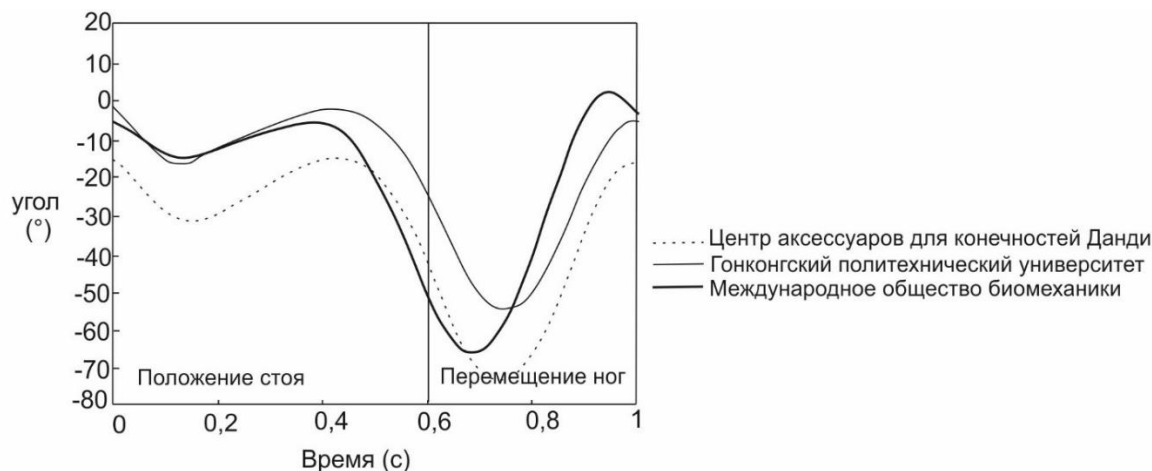


Рис. 5 – Кривая угла движения коленного сустава человека в сагиттальной плоскости со временем

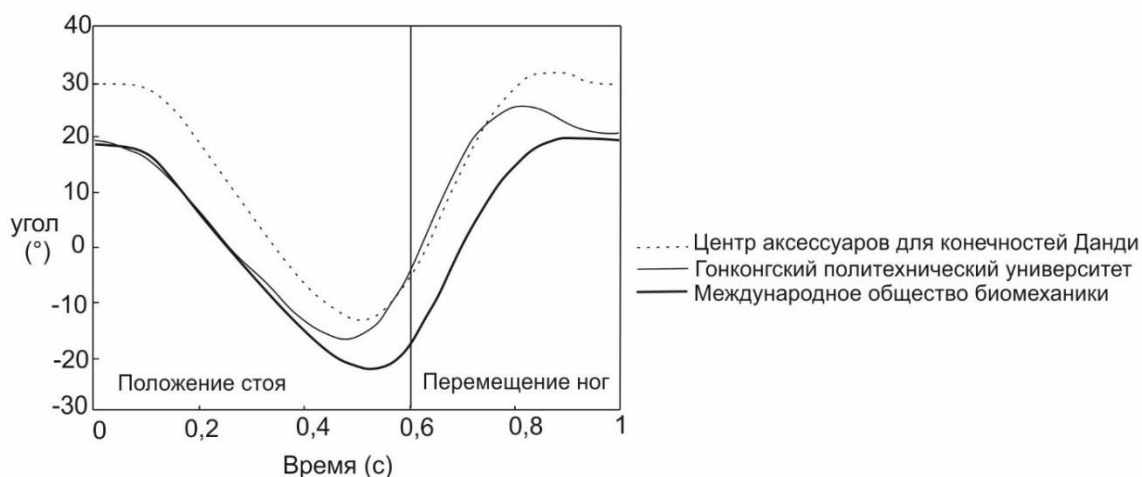


Рис. 6 – Кривая угла движения тазобедренного сустава человека в сагиттальной плоскости со временем. Основой для механического проектирования реабилитационных экзоскелетов является анализ строения нижних конечностей. [4]

Анализ походки человека. Нормальную походку пациентов невозможно измерить из-за нарушения двигательных функций. Следовательно, необходимо проводить реабилитационные тренировки и оценивать данные нормальной походки. Например, пациенты с гемиплегией часто следуют заранее определенной траектории. С помощью анализа походки человека можно выявить некоторые соответствующие характеристики. Ходьба человека характеризуется длиной, шириной и скоростью шага. Таким образом, параметры движений человеческого тела, индекс массы тела и структурные параметры оказывают значительное влияние на походку человека.

Литература

1. Саврасов Г.В., Ющенко А.С., Основные направления развития медицинской робототехники. // Мехатроника. -2000. -№4. - С.34-49.
2. Разумов А. Н., Головин В. Ф., Архиллов М. В., Журавлев В. В., Обзор состояния робототехники в восстановительной медицине. // Вестник восстановительной медицины . -2011. - №4. - С. 31-38.
3. Di Shi, Wuxiang Zhang, Wei Zhang and Xilun Ding. A Review on Lower Limb Rehabilitation Exoskeleton Robots. – 2019.
4. Khusainov R., Klimchik A., Magid E. Swing leg trajectory optimization for a humanoid robot locomotion // Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO), 2016 13th International Conference on, 2016.

УДК 004.78

АВТОНОМНАЯ МОБИЛЬНАЯ МЕТЕОСТАНЦИЯ С ПИТАНИЕМ ОТ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ

студент группы 10307118 Лоско Е.В.

Научный руководитель – ст. преподаватель *Полынова Е.В.*

Белорусский национальный технический университете

Минск, Беларусь

Введение. Обычно прогноз погоды просто сообщает людям погодные условия в определенном городе или районе и в течение определенного периода времени. Однако

иногда прогноз невозможно предсказать точно, особенно в некоторых частных случаях. Например, из-за сильного ветра зимой фактическая температура будет намного ниже, чем она есть на самом деле.

В 21 веке мониторинг погоды имеет большое значение и находит применение в нескольких областях, начиная от отслеживания погодных условий на сельскохозяйственных полях и заканчивая мониторингом промышленных условий. Мониторинг погоды поможет отслеживать различные климатические явления, включая температуру, влажность, дождь, скорость и направление ветра. Система мониторинга погоды может быть, как проводной, так и беспроводной.

1. Мобильная метеостанция. Мобильная метеостанция представляет собой устройство, которое состоит как минимум из двух блоков (рисунок 1). Первый из них представляет собой главный блок с дисплеем, на котором выводятся проанализированные данные. Вторая часть является выносным датчиком, измеряющий текущие показания для прогнозирования изменения погодных условий. Центральный блок устанавливается в помещении, а система датчиков выводится на улицу под открытое небо и фиксируется в любом удобном месте, где она не будет мешать.



Рис. 4 - Домашняя метеостанция

Более сложные метеостанции оснащаются большим количеством датчиков. У брендовых устройств их может быть четыре. Они рассредоточиваются на улице на значительном расстоянии друг от друга, которое может составлять от 3 до 100 м. Об этом указывается в инструкции к прибору. Чем больше фактическое расстояние между ними, тем выше точность измерения. Центральный блок, получая различные данные от удаленных датчиков, выводит среднее значение, что позволяет минимизировать погрешность, вызванную неправильным монтажом одного из них. К примеру, если он располагается близко к техническим сооружениям, выделяющих тепло или пар. Подобные факторы изменяют условия вокруг такого объекта, поэтому датчик будет фиксировать искаженные показатели.

У современных метеостанций есть два варианта расположения датчиков. Они могут быть интегрированы в корпус устройства — тогда всю станцию придется повесить в определенном месте. Или же у станции могут быть выносные беспроводные датчики: тогда базу станции можно оставить в помещении, а датчик расположить за его пределами.

В целом, чем больше у станции уникальных функций, тем дороже она обойдется. С другой стороны, смысла приобретать метеостанцию уровнем ниже любительского особо нет — устройства эконом-класса не имеют функции прогнозирования погоды. Если вам просто нужно знать погоду за окном, можно не переплачивать за название, а купить обычный цифровой термометр.

2. Технические требования к автономной метеостанции (АМС). Правильное понимание потребностей приводит к созданию пригодных для использования и приемлемых систем. Поэтому, чтобы предоставить АМС, удовлетворяющую ожиданиям конечного пользователя и системы, нужно проанализировать требования типичного АМС.

АМС должен:

- 1) **Собирать погодные параметры:** осадки, температуру, относительную влажность, давление, скорость ветра и многие другие.
- 2) **Обработка данных:** обработка данных включает в себя обработку сигнала датчика, вычисление производной информации.
- 3) **Данные буфера:** первичное сохранение данных при их сборе перед отправкой в хранилище, где данные хранятся постоянно.
- 4) **Передавать данные из АМС в хранилище.**

Наша АМС состоит из узлов беспроводных датчиков, которые собирают, обрабатывают, буферизуют и передают данные о погоде в место хранения, называемое хранилищем. Узел - это устройство, которое способно выполнять некоторую обработку, собирать сенсорную информацию и обмениваться данными с другими подключенными узлами в сети. Один специальный узел, известный как приемник, собирает данные от других узлов и передает их в удаленное хранилище через вход. Попав в хранилище, может потребоваться дополнительная обработка. Все узлы датчиков питаются от солнечных панелей или электросети в зависимости от местоположения.

Хотя АМС автоматически собирает и передает данные, ему требуются интерфейсы, через которые можно отслеживать и настраивать его операции. То есть мониторинг отдельных узлов датчиков, а также всего АМС. Узел датчика может иметь интерфейс, к которому выполняются подключения для его отладки или настройки посредством последовательной связи.

Программное обеспечение поддержки, такое как веб-сервисы (HTTP) на шлюзе AWS, обеспечивает удаленный доступ к данным, но истощает ограниченные ресурсы беспроводных датчиков. В случаях, когда АМС отключен от сети или питается от батарей, запуск таких сервисов на АМС может снизить его эффективность. На рис. 2 представлена блок-схема интерфейсов АМС.

АМС взаимодействует с хранилищем и объектами передачи через варианты восходящего канала, которые могут быть Ethernet, оптоволоконным, Wi-Fi, GSM / GPRS, спутником, VHF / UHF / SHF, кроссовой сетью или медным кабелем среди других.

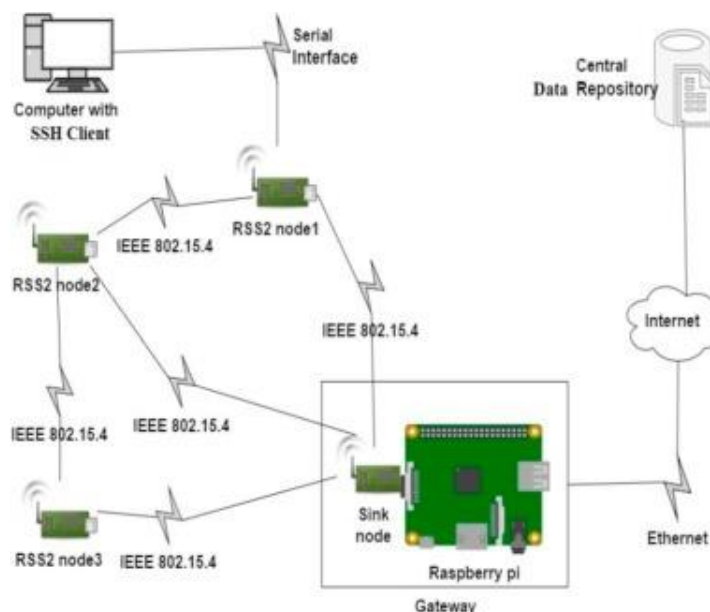


Рис. 5 - Блок-схема интерфейсов АМС

3. Сенсорная часть автономной метеостанции. В данной работе представлена разработанная метеостанция, работающая от солнечной панели на основе платы «Arduino». Сама работа АМС основана на мониторинге параметров окружающей среды и вывод информации на носители.

Данная АМС состоит из следующих компонентов:

- Arduino UNO;
- DHT 22;
- BMP 180;
- LCD 1602a;
- TP4056;
- Солнечная панель;
- Аккумулятор 18650 3,7 В x2;
- Радиомодуль 433МГц;
- ESP8266.

Блок схема отображена на рис. 3. На ней показано что датчики влажности, температуры и давления подключены к плате «Arduino», которая обрабатывает всю информация подаваемую с них и выводит на экран. За питание устройства отвечает солнечная панель которая подключена модулю заряда. Модуль имеет индикацию процесса заряда, и сама отключает аккумулятор при достижении напряжения на нем 4.2В. В момент заряда светится красный светодиод, а когда батарея будет полностью заряжена засветится зеленый светодиод, красный при этом погаснет. Модуль заряда в свою очередь подключен к аккумулятору, он нужен чтобы вся система работала автономно без подключения к сети. К аккумулятору также подключены радиомодуль, который предназначен для передачи данных с уличной части устройства на устройство которое находится в помещении. ESP8266 позволяет передавать данные на мобильное устройство на котором установлено соответствующее ПО.



Рис. 6 – Структурная схема АМС

Литература

1. VinayakAappasaheb Pujari, Mrs. M. M. Raste, Ms. A. A. Pujari. COST EFFECTIVE AUTOMATIC WEATHER STATION-A REVIEW
2. Mary Nsabagwa, Maximus Byamukama, Emmanuel Kondela, Julianne Sansa Otim. Towards a robust and affordable Automatic Weather Station

МЕДИЦИНСКИЙ БРАСЛЕТ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ НА РАННИХ СТАДИЯХ

Студент гр. 10306119 Жолуд Е.И.

Научный руководитель – ст. преподаватель Костюк И.Р.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Введение. Здоровье человека не всегда идеальное. Некоторые могут болеть редко, несерьезно и недолго, а кто-то болеет постоянно и очень серьезно. Особенно это относится к пожилым людям, часть которых еще и одиноки и, если им станет плохо, то медицинскую помощь могут и не успеть оказать. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в мире насчитывается приблизительно 600 миллионов человек преклонного возраста (от 60 лет и старше), а к 2025 году их численность возрастет вдвое. Специалисты Мичиганского университета и Вашингтонского Городского института провели исследование, данные которого показали, что половине пожилых людей в повседневной жизни не оказывается необходимая помощь. Однако, организм заранее может предупредить о заболеваниях и есть возможности предотвратить серьезные заболевания. Повышение или замедление пульса, высокое или низкое давление на протяжении нескольких дней, могут предупредить заранее о проблемах со здоровьем.

Медицинские браслеты, их разновидности и принципы работы. Медицинский браслет - разновидность медицинских-гаджетов или медицинских-трекеров, облегчающих или сопровождающих, которые контролируют показатели здоровья. Основная цель при создании таких девайсов — сделать их понятными и удобными в использовании, чтобы они не требовали постоянной зарядки, обновления программного обеспечения. Медицинский браслет – это подстраховка для людей, чье здоровье рискует дать резкий сбой и человек не будет в состоянии сам себе помочь. Однако следует помнить, что самые точные сведения может дать только врач.

Браслет для пожилых людей для измерения давления и пульса. Сегодня довольно часто встречается такое заболевание как гипертония. Чтобы его обнаружить, необходимо регулярно измерять давление. Провести все необходимые расчеты бывает не так уж просто, особенно у лиц преклонного возраста. В этом случае очень удобно использовать тонометр-браслет для пожилых людей. Он значительно облегчает процесс сбора данных, а его применение не доставляет никакого дискомфорта.

Преимущества использования этого девайса:

- небольшой размер и удобство хранения;
- моментальные результаты измерения давления и пульса;
- простота в использовании;
- можно получить результаты измерений АД во время физических нагрузок;
- дату и время снятия показаний можно зафиксировать;
- сохранение параметров;
- точное измерение, без погрешности.

Браслет для пожилых людей для измерения давления работает несколько по-другому принципу, чем обычные тонометры с манжетами. Заключается он в следующем: считывается скорость распространения пульсовой волны, электрокардиограмма и другие показатели. Совокупность полученных данных обрабатывается устройством. В итоге расчетов на дисплей выводится результат числовых значений давления и пульса. Основная часть моделей предполагает, что для достижения максимально точного результата, нужно ввести сведения о поле, возрасте, весе пользователя. Прибор укажет точные параметры в 80% случаев, возможно отклонение на несколько единиц. Допустимой является погрешность в 10–15 мм ртутного столба.

GPS-браслет для пожилых людей — устройство для дистанционного контроля.

GPS-маяк для пожилых людей обеспечивает пассивную защиту. Ведь те, кто имеет проблемы со здоровьем, могут получить травму за пределами дома: на прогулке, по пути в магазин. Главное достоинство этих устройств в том, что они безопасны для людей, даже при постоянном использовании, так как электромагнитное излучение во много раз слабее, чем у сотового телефона. Браслет для пожилых людей с тревожной кнопкой и GPS-функцией сообщит родственникам координаты местоположения близкого человека. Таким образом, можно получить информацию оперативно и избежать множества проблем и волнений. GPS-трекер для пожилых людей предоставляет ряд преимуществ, так как он замеряет не только координаты в конкретный момент времени, но и запоминает маршрут передвижения. Погрешность измерений составляет 10–15 метров при определении местонахождения носителя. Устройство работает по принципу GPS-маяка: с определенной периодичностью измеряет координаты местонахождения владельца и отправляет их на мобильный телефон или компьютер. Существуют браслеты с асинхронным срабатыванием, которые отправляют информацию не регулярно, а в определенных случаях:

- получен сигнал от датчика удара (срабатывает при падении);
- пожилой человек вышел за границы геозоны, которую он не должен нарушать для обеспечения безопасности;
- поступил запрос на определение координат от наблюдателя.

Браслеты с тревожной кнопкой. Средства экстренного оповещения предназначены для связи престарелых родственников с членами семьи, персоналом неотложной медицинской помощи или другими медицинскими работниками при возникновении угрозы жизни, здоровью или в особой ситуации. Купить тревожный браслет для пожилых людей особенно целесообразно в том случае, если они живут в одиночестве. Как правило, все устройства просты и удобны в эксплуатации, а необходимая информация передается при нажатии одной кнопки. Такие гаджеты обеспечивают пожилым людям самостоятельную жизнь и оберегают их близких от чрезмерной тревоги.

Ниже сравним четыре типа контрольных приборов:

1. Системы вызова с медицинским мониторингом.

Этот тип устройств наиболее распространен среди средств медицинского оповещения для пожилых людей. Аппарат позволяет пациенту подключаться к службе экстренного мониторинга, которая работает круглосуточно. Когда кнопка нажата, пациент подключается к базовой станции, которая работает по телефонной линии или сотовой сети. Оператор, определив проблему, может отправить наряд для оказания медицинской помощи или уведомить членов семьи о сложившейся ситуации. Некоторые модели обеспечивают соединение через встроенный громкоговоритель.

2. Тревожные кнопки для пожилых без медицинского мониторинга.

Основное отличие устройств от предыдущего варианта заключается в том, что в нем нет функции мониторинга, поэтому ежемесячные платежи отсутствуют. Система состоит из кнопки SOS и домашней базовой станции, которая набирает запрограммированный телефонный номер после нажатия на кнопку. Некоторые модели позволяют занести несколько номеров: родственников, друзей, соседей, которые набираются по очереди. Звонки и сообщения будут поступать до тех пор, пока не будет получен ответ.

3. Мобильные кнопки для пожилых людей.

Помимо средств оповещения, которые работают только дома, есть устройства, предназначенные для использования за его пределами. Такие мобильные кнопки не привязаны к базовой станции, которая соединяет с оператором. Принцип работы такой же, как у мобильного телефона: вызов осуществляется с помощью сотового оператора, прибор оборудован динамиком и микрофоном для разговоров. Большая часть мобильных кнопок дополнена GPS-трекером для определения местоположения. Это позволяет пожилому человеку обратиться в случае необходимости за медицинской помощью независимо от того, где он находится: дома или за его пределами. Достаточно нажать кнопку

SOS, чтобы сообщить свои координаты и получить необходимую помощь. Функция GPS позволяет автоматически получить сведения о местоположении человека и видеть их на Google Maps в вашем мобильном телефоне. Эта функция отслеживания крайне важна в ситуациях, когда пожилой человек может потеряться или не способен понять, где он находится.

4. Медицинский USB-накопитель.

Этот девайс обеспечивает доступ к хранилищу важной медицинской и юридической информации. Несмотря на его относительно невысокую стоимость, он крайне полезен в случаях, если у пользователя есть аллергия на лекарства. Эти сведения должны быть переданы врачам при оказании первой медицинской помощи.

Фитнес-браслет для пожилых людей наделен рядом положительных функций:

- В конструкции аппарата предусмотрен маячок, с помощью которого можно установить местонахождение человека. Таким образом, родные не будут беспокоиться, с легкостью найдут пожилого человека, даже если он потерял память.

- Браслет для измерения давления для пожилых людей – это идеальный вариант. Ведь контролировать давление нужно обязательно, а браслет с измерением давления для пожилых легких в использовании, они смогут научиться им пользоваться после небольшой консультации.

- Браслет, измеряющий давление для пожилого человека, может выполнять функцию обычного аксессуара для фитнеса – считать шаги.

- Среди всего ассортимента устройств можно встретить браслет, измеряющий давление и пульс.

- Можно использовать браслет как обычные часы.

УДК 004.078

СОЗДАНИЕ ЛАБОРАТОРИИ УДАЛЕННОГО ДОСТУПА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СЕНСОРНЫХ МИКРОСИСТЕМ

ст. гр. 10307116 Волков К. Д.

Научный руководитель – ст. преподаватель Костюк И.Р.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Введение. В настоящий момент одной из основных проблем совершенствования учебного процесса является создание определенных условий, при которых обучающиеся могли бы, воспользовавшись инструкцией по подключению, пройти процесс аутентификации и получить удаленный доступ к виртуальным машинам, запущенным на сервере кафедры. Также не исключается возможность подключаться к файловым серверам, рабочим станциям с сетевым оборудованием, расположенным во внутренней сети и задействовать их при выполнении лабораторных, контрольных, курсовых и дипломных работ. У преподавателей кафедры появляется возможность удаленного доступа к своим рабочим местам. Для решения указанных задач ставится цель создать и внедрить в учебный процесс систему удаленного доступа к лабораторным материалам кафедры по изучению сенсорных систем.

Формирование структурно-функциональной схемы лаборатории удаленного доступа. Система лаборатории удаленного доступа должна удаленно через сеть Интернет по защищенным каналам с применением технологии VPN предоставлять доступ к программно-аппаратным средствам обеспечения информационной безопасности на домашних персональных компьютерах студентов (до 150 компьютеров одновременно). При этом система должна поддерживать следующие режимы функционирования:

- 1) основной режим, в котором подсистемы лаборатории удаленного доступа выполняют все свои основные функции;

2) профилактический режим, в котором одна или все подсистемы лаборатории удаленного доступа не выполняют своих функций.

В основном режиме функционирования лаборатория удаленного доступа должна обеспечивать:

- работу пользователей в режиме – 24 часа в день, 7 дней в неделю (24x7);
- выполнение своей функции – предоставление обучающимся удаленного доступа к лабораторным ресурсам кафедры.

В профилактическом режиме лаборатория удаленного доступа должна обеспечивать возможность проведения следующих работ:

- техническое обслуживание;
- модернизацию аппаратно-программного комплекса;
- устранение аварийных ситуаций;
- обеспечение работоспособности оборудования.

Общее время проведения профилактических работ не должно превышать примерно 10 % от общего времени работы системы в основном режиме (72 часа в месяц).

Эффект, ожидаемый от системы: каждый студент и преподаватель после заведения учетной записи на латинице в домене может при помощи инструкции по установке VPN-соединения удаленно получить доступ к виртуальным машинам кафедры.

Структурно-функциональная схема лаборатории удаленного доступа для изучения компонентов сенсорных систем. Для отображения принципа работы удаленной лаборатории разработана структурная схема, которая определяет основные компоненты системы и показывает их связи между собой.

Структурная схема удаленной лаборатории представлена на рисунке 1. Система содержит следующие основные компоненты:

- сервер;
- компьютерный моноблок;
- коммутаторы;
- приложение Radmin VPN;
- встроенное приложение RDP в Windows;
- программное обеспечение лаборатории удаленного доступа.

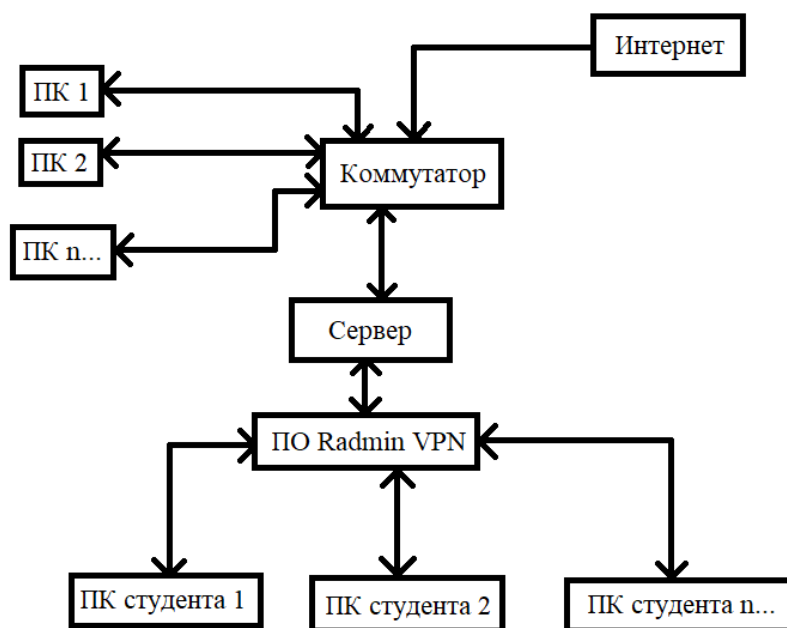


Рис. 1 – Структурная схема удаленной лаборатории

Сервер отвечает за создание локальной сети с авторизацией пользователей под своими учетными записями на компьютерах. Он также назначает права доступа для пользователей и поддерживает политику безопасности в сети. Кроме этого, данный сервер выполняет роль DHCP и DNS. Межсетевой экран отвечает за доступ пользователей в интернет.

Коммутатор предназначен для разделения доступа в Интернет и локальной сети на виртуальные локальные сети, а также отвечает за объединение в общую локальную сеть компьютерных моноблоков лаборатории.

Программное обеспечение и порядок работы лаборатории удаленного доступа. В качестве программного обеспечения лаборатории удаленного доступа выбрана достаточно простая в использовании программа для создания виртуальных частных сетей **Radmin VPN**. Она позволяет пользователям устанавливать безопасное и надежное соединение между компьютерами через Интернет, как если бы они были соединены через локальную сеть (интерфейс программы представлен на рисунке 2).

Преимущества программы Radmin VPN [1].

- **Безопасность:** программа Radmin VPN создает безопасный VPN туннель, при этом все передаваемые данные надежно защищены.
- **Высокая скорость:** скорость соединения достигает 100 Мбит/с.
- **Стабильная работа:** Radmin VPN не дает сбоев после нескольких месяцев постоянного использования.
- **Простота использования:** доступность в использовании и установке как для ИТ-профессионалов, так и для обычных пользователей.
- **Возможность удаленной работы.** Благодаря интеграции Radmin VPN с программой удаленного доступа Radmin имеется возможность получить безопасный доступ и работать за удаленным компьютером.

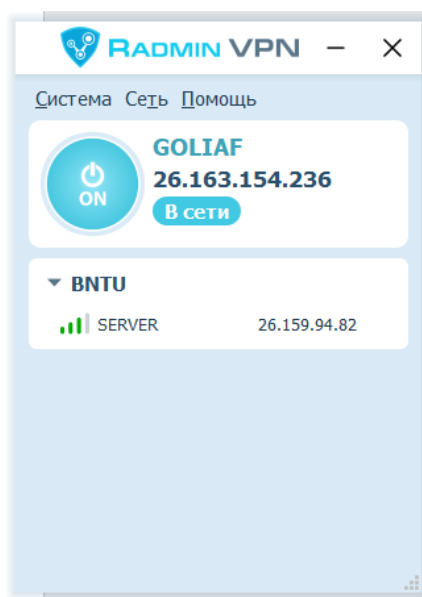


Рис. 2 – Интерфейс программы Radmin VPN

Для обеспечения эффективной работы лаборатории удаленного доступа используется встроенное приложение RDP в Windows. Разработчик – Microsoft; размер дистрибутива – встроен в операционную систему; сайт программы – <https://www.microsoft.com/ru-ru/windows/ru/osx/>; работа под управлением – Windows 2000/2003/2008/XP/Vista/7/8/8.1/10.

RDP (англ. Remote Desktop Protocol) предоставляет возможности удаленного отображения и ввода через сетевые соединения для приложений на базе Microsoft

Windows, работающих на сервере. RDP предназначен для поддержки различных типов сетевых топологий и множества протоколов локальных сетей. RDP является расширением семейства ITU T.120 протоколов. RDP является протоколом с поддержкой многоканальности, который позволяет создавать отдельные виртуальные каналы для переноса данных устройств связи и презентации с сервера, а также зашифрованных данных клиентской мыши и клавиатуры. RDP предоставляет расширяемую базу и поддерживает до 64000 отдельных каналов для передачи данных и обеспечение для многоточечной передачи. На сервере RDP используется свой собственный видеодрайвер для визуализации вывода изображения с помощью построения визуализируемой информации в сетевых пакетах (Рис. 3).

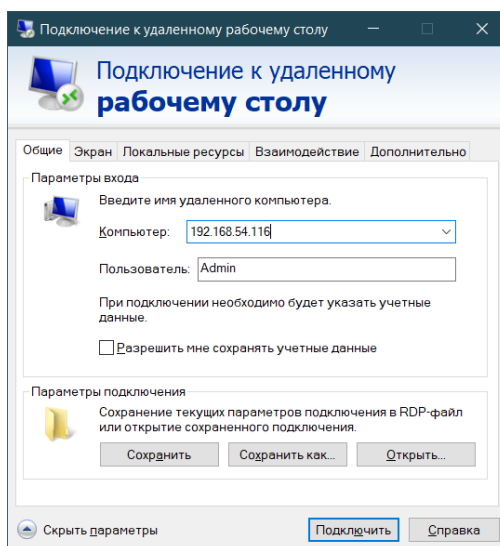


Рис. 3 - Удаленное подключение

На стороне клиента RDP получает данные визуализации и интерпретирует пакеты в соответствующий интерфейс графических устройств (GDI) вызовов API Microsoft Windows. События мыши и клавиатуры клиента перенаправляются от клиента к серверу. На стороне сервера RDP использует свой собственный драйвер клавиатуры и мыши. В сеансе удаленного рабочего стола все переменные окружающей среды (например, переменные, определяющие включение и выключение глубины цвета) определяются параметрами подключения RCP-TCP. Это относится ко всем функциям и методам, которые устанавливают переменные окружения в Remote Desktop Web Connection Reference и интерфейсе поставщика служб удаленных рабочих столов WMI.

В качестве программной среды для моделирования и изучения сенсорных микросистем в лаборатории удаленного доступа выбрана система **LabView**. Ее основой является язык графического программирования G, принципиально отличающийся от классических текстовых языков программирования и обладающий рядом следующих уникальных достоинств.

- Графическое программирование интуитивно понятно, просто в освоении.
- Для решения сложных прикладных задач не требуется иметь квалификацию профессионального программиста.
- Выполнение кода определяется не порядком следования инструкций, а потоком данных.
- Используемый язык G - язык параллельного программирования.
- Возможны вставки C-кода, использование и создание DLL.
- Поддержка технологий OLE, ActiveX, .Net, OOP.
- Реализация интерфейса с различными системами моделирования и САПР.

Следует отметить, что LabVIEW - кроссплатформенная система, работающая на различных аппаратных платформах под управлением наиболее распространенных операционных систем общего назначения, а также под управлением операционных систем реального времени (Рис. 4).

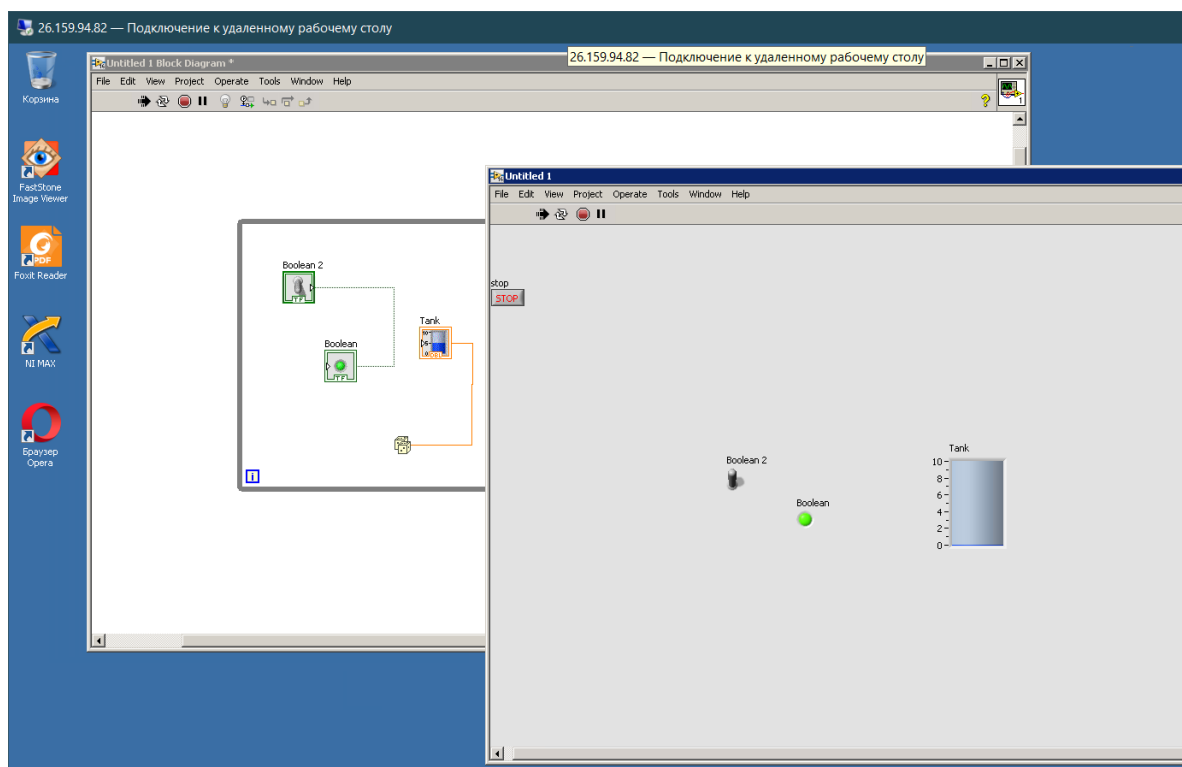


Рис. 4 - Пример работы в LabView.

По существу, LabVIEW - это интегрированная система проектирования, ориентированная на автоматизацию экспериментальных исследований, испытаний и управления в различных отраслях науки и техники. В состав LabVIEW входят большое количество проблемно-ориентированных библиотек функций, организованных в виде программных модулей и комплектов, легко интегрируемых с оборудованием производства National Instruments и многих других ведущих производителей технических средств [2].

Система LabVIEW как компонент лаборатории удаленного доступа предназначена для решения следующих задач в образовательном процессе кафедры:

- моделирование процессов создания элементов сенсорных и мехатронных устройств;
- изучение алгоритмов управления движением мобильных робототехнических структур;
- обработка сенсорных сигналов и сложных сенсорных образов в интеллектуальных системах;
- моделирование процессов передачи транзакций в компонентах интеллектуальных систем.

В лаборатории удаленного доступа для обеспечения образовательного процесса используется также программная среда **Multisim**. Используемая платформа Multisim™ - это программное обеспечение промышленного стандарта, поддерживающее SPICE. Оно применяется для моделирования и программирования схем для аналоговой, цифровой и силовой электроники в образовательной и исследовательской области (Рис. 5).

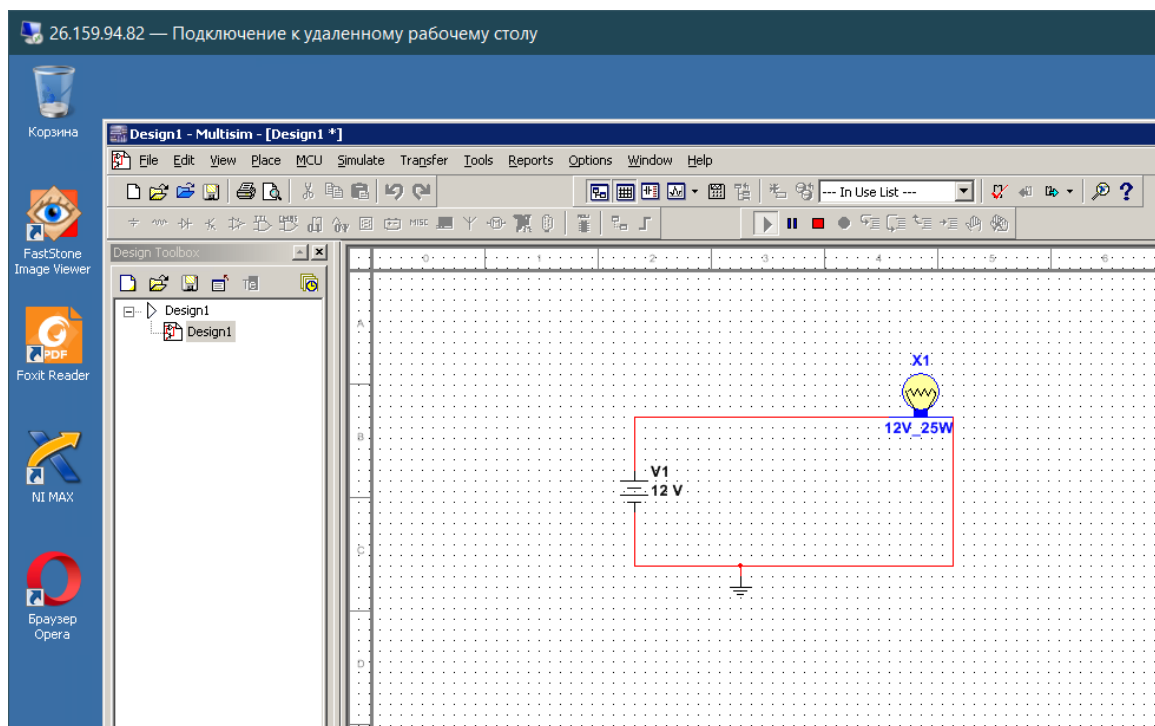


Рис. 5 - Пример работы в Multisim.

NI Multisim позволяет объединить процессы разработки электронных устройств и тестирования на основе технологии виртуальных приборов для учебных и производственных целей. Подразделение Electronics Workbench Group компании National Instruments анонсировало выпуск Multisim 14.0 и Ultiboard 14.0 самых последних версий программного обеспечения для интерактивного SPICE-моделирования и анализа электрических цепей, используемых в схемотехнике, проектировании печатных плат и комплексном тестировании. Эта платформа связывает процессы тестирования и проектирования, предоставляя разработчику электронного оборудования гибкие возможности технологии виртуальных приборов. Совместное использование программного обеспечения для моделирования электрических цепей Multisim компании National Instruments со средой разработки измерительных систем LabVIEW позволяет сравнивать теоретические данные с реальными результатами непосредственно в процессе создания печатных плат, что снижает количество проектных итераций, число ошибок в прототипах и ускоряет выход готовой продукции.

При организации лаборатории можно использовать Multisim для интерактивного создания принципиальных электрических схем и моделирования их режимов работы. Multisim 14.0 составляет основу платформы для обучения электротехнике компании National Instruments, включающей в себя прототип рабочей станции NI ELVIS и NI LabVIEW. Он дает возможность студентам получить всесторонний практический опыт на всем протяжении полного цикла проектирования электронного оборудования (Рис. 6).

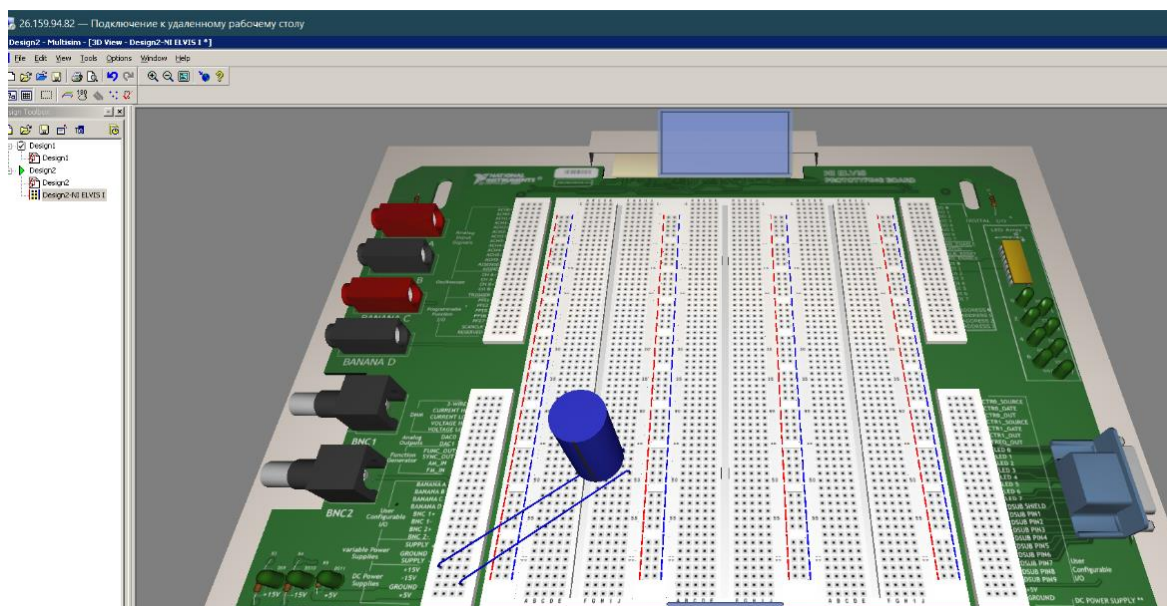


Рис. 6 - Симулятор моделирования электронных схем на стенде NI ELVIS

База данных компонентов включает более 1200 SPICE-моделей элементов от ведущих производителей, таких как Analog Devices, Linear Technology и Texas Instruments, а также более 100 моделей импульсных источников питания. Кроме этого, в новой версии программного обеспечения появился помощник Convergence Assistant, который автоматически корректирует параметры SPICE, исправляя ошибки моделирования. Добавлена поддержка моделей МОП-транзисторов стандарта BSIM4, а также расширены возможности отображения и анализа данных [3].

Литература

1. ПО Radmin VPN [Электронный ресурс] — Электронные данные. — Режим доступа: <https://www.radmin-vpn.com/ru/#:~:text=Radmin>
2. Программное обеспечение Labview [Электронный ресурс] — Электронные данные. — Режим доступа: <https://www.ni.com/ru-ru/shop/labview.html>
3. Программное обеспечение Multisim [Электронный ресурс] — Электронные данные. — Режим доступа: <https://www.ni.com/ru-ru/shop/electronic-test-instrumentation/application-software-for-electronic-test-and-instrumentation-category/what-is-multisim.html>

УДК 004.079

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ДНК-СЕНСОРЫ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Студент гр.10307118 Удгова Т.А.

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

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В настоящее время углеродные нанотрубки являются одним из самых популярных наноматериалов, которые активно тестируются в разных областях науки и техники. Одним из самых развивающихся приложений углеродных нанотрубок являются разработка электрохимических и электронных биосенсоров.

Углеродные нанотрубки (УНТ) обладают механической прочностью, химической инертностью, большой площадью поверхности и совместимостью с биомолекулами и клетками (рис. 1). Это свойства показывают актуальность использования УНТ в тканевой инженерии и конструирования имплантов, а также для создания вакцин, лекарственных препаратов.

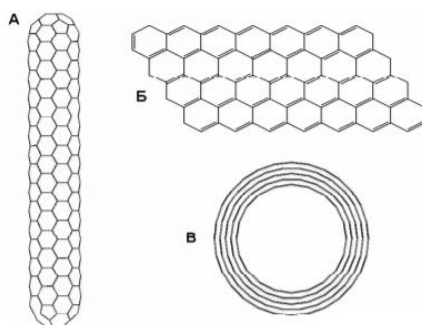


Рис. 1 - Схематическое строение одностенной углеродной нанотрубки (А- вид сбоку), плоскости графита (Б) и многостенной углеродной нанотрубки (В- вид сверху).

Большое внимание уделяют разработке ДНК-сенсоров на основе УНТ, предназначенных для быстрого выявления бактериальных и вирусных инфекций, генетических нарушений, которые вызывают развитие заболевания человека.

Одной из главных задач при разработке электрических ДНК-сенсоров с использованием УНТ является конструирование соответствующих преобразователей – электродов. Существует два подхода в изготовлении электродов из УНТ: первый заключается в «простой» модификации нанотрубками обычных электродов, второй – в создании электродных массивов (electrode arrays) из ориентированных УНТ. [1]

Наиболее простой способ изготовления электрода на основе УНТ представляет собой механическое смешивание препарата одно- или многостенных УНТ с минеральным маслом или с твердым материалом и введение получаемой композиции в полость пастового электрода. Преимущество этого способа - это отсутствие необходимости растворения УНТ и возможность регенерации поверхности модифицированного электрода с помощью его механической полировки. Создание пастового электрода не предполагает удаление из УНТ примесей аморфного углерода и металлического катализатора, которые содержатся в синтезированных препаратах УНТ. Для решения этой проблемы УНТ подвергают интенсивному окислению, которое одновременно способствует удалению примесей и придает гидрофильные свойства УНТ, которые очень гидрофобны по природе.[2]

Ключевым направлением развития электрохимических ДНК- сенсоров является создание генетических биосенсоров, рассчитанных для быстрого анализа первичной структуры нуклеиновых кислот. В таком геносенсоре биораспознающим компонентом служит зонд- одноцепочечный олигонуклеотид комплементарный определенной последовательности, исследуемой ДНК.

К настоящему времени предложено несколько универсальных способов электрохимической регистрации процесса, которые, в частности, основаны на использовании редокс-активных индикаторов гибридизации или ковалентно связаны с ДНК меток, а также на прямом детектировании нуклеотидов в ДНК. [3]

Одним из первых был разработан ДНК-сенсор, в котором в качестве преобразователя применен модифицированный углеродными нанотрубками стеклоуглеродный электрод. Взаимодействие ДНК-зонда с исследуемой последовательностью ДНК контролировали с помощью интеркалирующего антибиотика дауномицина, детектируемого при потенциале около +0,3В. Дауномицин предпочтительнее связывается с двуцепочечной ДНК, чем с одноцепочечной, поэтому в результате гибридизации он концентрируется на

поверхности биосенсора, а регистрируемый сигнал резко увеличивается. Взаимодействие биосенсора с некомплементарными последовательностями сопровождается заметно меньшим изменением сигнала. [1]

При другом способе для создания ДНК-сенсора могут использовать электрод из вертикально ориентированных УНТ, которые отжигали в плазме и далее химически пришивали к обработанным УНТ олигонуклеотидный зонд с концевой аминогруппой.

Применение УНТ для конструирования преобразователей является не единственным приложением УНТ в биосенсорах. Уникальные структурные особенности УНТ предполагают возможность иммобилизации на нанотрубке большого числа меток, генерирующих мощный аналитический сигнал.

Исследования последних лет, показывают, что УНТ сильно изменяют электрохимическое поведение нуклеиновых кислот и их компонентов. Известно, что на электроде легче детектировать пурины, которые окисляются при потенциале около +0,8 В для гуанина и +0,1 В для аденина, гуаниновых нуклеозидов и нуклеотидов. Детектирование адениновых нуклеотидов и пиримидинов, имеющих более высокие потенциалы окисления, обычно затруднено из-за относительно высокого фонового тока на электродах, модифицированных УНТ. [2]

Электроды на основе углеродных нанотрубок являются новым типом электрохимических преобразователей, преимущество которых перед обычными электродами заключается в высокой чувствительности, в возможности миниатюризации и использования как для непрямого, так и для прямого детектирования ДНК. Такие преобразователи являются многообещающей платформой для создания генетических ДНК-сенсоров и чипов, а также уникальным инструментом для изучения молекулярных взаимодействий с участием нуклеиновых кислот.

Литература

1. Елецкий А.В. Углеродные нанотрубки // Успехи физических наук – 2004. – Т.174, № 11.- С. 945-972.
2. Абдуллин Т.И., Никитина И.И., Ишмухаметова Д.Г., Будников Г.К., Коновалова О.А., Салахов М.Х. Электроды, модифицированные углеродными нанотрубками, для электрохимических ДНК-сенсоров // Журнал аналитической химии – 2007. – Т.62, № 6. – С. 667-671.
3. Порфирьева А.В., Евтюгин Г.А., Савельева М.А., Будников Г.К. Импедиметрический Днк-сенсор на основе электродов, модифицированных углеродными нанотрубками // Ученые записки Казанского государственного университета – 2009.- Т.151, №4.

УДК 004.080

МНОГОПАРАМЕТРОВАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ КОНТРОЛЯ НАПРАВЛЕНИЯ И РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ ВИРТУАЛЬНОГО АВТОМОБИЛЯ

Студент гр.10307118 Бакач Д.А.

Научный руководитель- ст. преподаватель Костюк И.Р.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Введение

Многопараметровая сенсорная система для контроля направления и режима движения виртуального автомобиля имеет широкий спектр практического применения. Она может использоваться для развлечения, обучения управлению начинающих водителей, управления реальным автомобилем с использованием компьютера и в других случаях.

Для управления виртуальным автомобилем используется рулевое колесо, педали и коробка переключения передач (КПП), что соответствует системе управления реальным автомобилем.

Многопараметровая сенсорная система как составная часть манипулятора

Рассматриваемая сенсорная система входит в качестве структурного компонента в состав манипуляторов, кот используется как симулятор вождения. Манипуляторы осуществляют непосредственный ввод информации, указывая курсором на экране монитора команду или место ввода данных. Манипуляторы, как правило, подключаются к последовательному порту. Используются для облегчения управления компьютером (ПК). К манипуляторам относятся мышь, трекбол, графический планшет, световое перо, тачпад, сенсорный экран, Roller Mouse, pointing stick, джойстик и игровые манипуляторы (Рис.1).



Рис. 1 – Манипуляторы

Многопараметровая сенсорная система для контроля направления и режима движения виртуального автомобиля является аналогией системы управления реальным автомобилем. Главным отличием является то, что эта система собирает информацию с датчиков и передает их в компьютер. Передача происходит по HID протоколу, что позволяет подключить систему к большинству персональных компьютеров. Данный протокол позволяет легко обратиться к внутренним средствам операционной системы для считывания значений из системы.

Сенсорная часть системы управления виртуальным автомобилем

Представленная сенсорная система состоит из 3 основных узлов: рулевого колеса, КПП и педалей. Система управления виртуальным автомобилем должна выполнять следующие операции:

- получение значений датчиков (положение рулевого колеса, номер передачи, степень нажатия на педаль);
- Обработку собранных значений
- Передачу данных на компьютер.

Данная система состоит из следующих компонентов:

- Arduino Micro
- 6 концевых выключателя
- 3 потенциометра на 10кОм
- оптического энкодера

На рисунке 2 изображена блок схема сенсорной системы управления виртуальным автомобилем. Датчик рулевого колеса считывает изменение угла поворота и передает эти значения на микроконтроллер. Датчики педалей работают по аналогичному принципу, что и для рулевого колеса, только вместо оптического энкодера используются потенциометры. В коробке переключения передач используются 6 концевых выключателей, каждый из которых отвечает за определенную передачу.

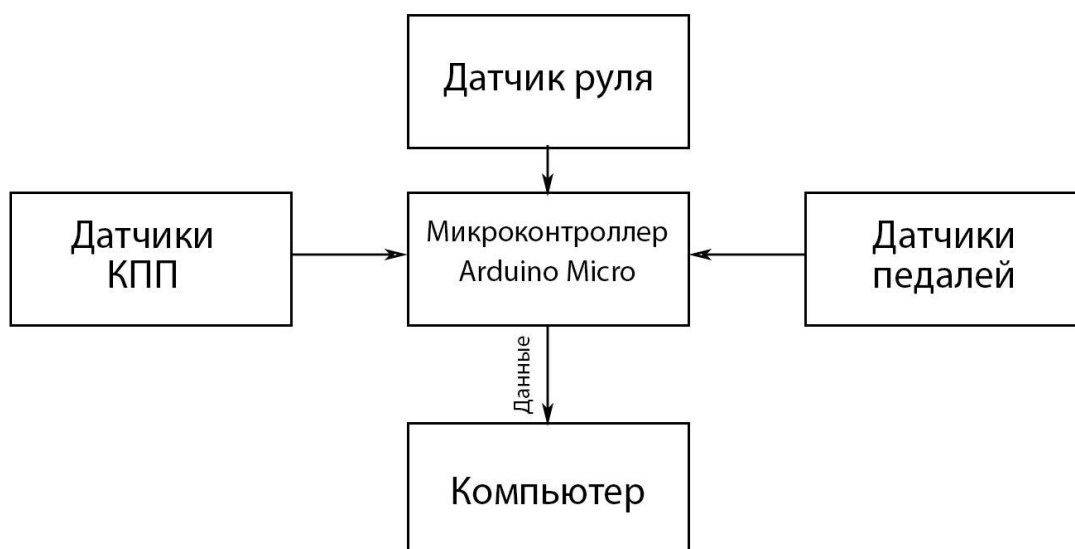


Рис. 2 –Блок схема сенсорной системы

На рисунке 3 показано отображение значение датчиков данной системы. При изменении положения рулевого колеса, изменяется значение оси X. Ось Z, вращение вокруг оси X и вращение вокруг оси Y отвечают за положение педалей газа, тормоза и сцепления. Индикаторы 1-6 отвечают соответственно за каждую передачу.

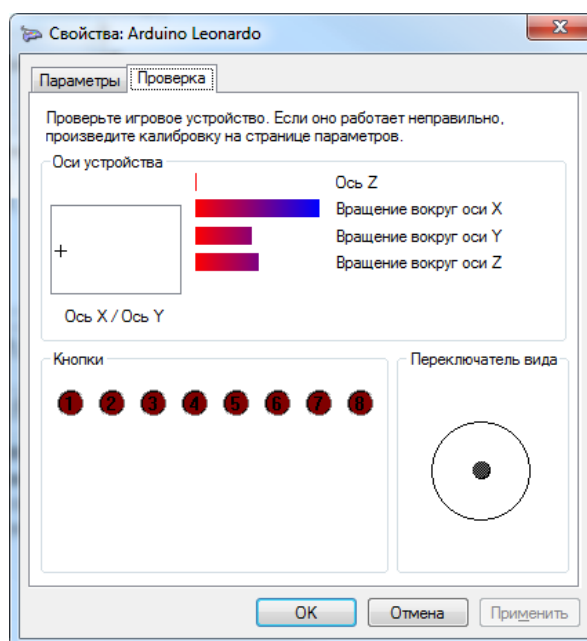


Рис. 3 – Вывод данных на компьютер

Литература

1. Электронный каталог пошаговых инструкций «Instructables.com» [Электронный ресурс] / Create a Joystick Using the Arduino Joystick Library 2.0 – Режим доступа: <https://www.instructables.com/Create-a-Joystick-Using-the-Arduino-Joystick-Libra>.
2. Интернет репозиторий «github.com» [Электронный ресурс] / Arduino Joystick Library – Режим доступа: <https://github.com/MHeironimus/ArduinoJoystickLibrary>.

СОДЕРЖАНИЕ

Применение эквализации гистограмм в преобразовании массивов данных нестационарных процессов Беляк А.А. Научный руководитель – Ролич О.Ч.	3
Прибор анализа виброакустических и тепловых сигналов Бессонова В.А. Научный руководитель – Ролич О.Ч.	8
Корреляционный анализ одномерных массивов Воробей Д.А. Научный руководитель – Ролич О.Ч.	10
Информационные системы управления предприятиями Воронова Ю.А. Научный руководитель – Ролич О.Ч.	13
Программа построения дерева Хаффмана по данным JPEG-файла Гацко А.А. Научный руководитель – Ролич О.Ч.	15
Формирование случайного массива с заданным законом распределения на основе генератора с равномерным законом распределения Киселёва М.П. Научный руководитель – Ролич О.Ч.	17
Обмен видеоданными посредством ETHERNET Колосович У.А. Научный руководитель – Ролич О.Ч.	20
Формирование псевдослучайного массива с заданным законом распределения на основе операции эквализации Медведская Ю.И. Научный руководитель – Ролич О.Ч.	23
Алгоритм статистического анализа данных Пурькова М.В. Научный руководитель – Ролич О.Ч.	26
Применение интеллектуальных систем в бизнесе Соломкина Ю.С. Научный руководитель – Ролич О.Ч.	28
Каскадный механизм машинного обучения в распознавании образов молочных питьевых продуктов отечественных производителей Чернышенко М.С. Научный руководитель – Ролич О.Ч.	31
Интеллектуальное управление рабочими процессами производственно-коммерческой компании Модников М.Ю. Научный руководитель – Садов В.С..	34
Система идентификации личности при интерактивном пользовательском взаимодействии Медведев В.М. Научный руководитель – Головатая Е.А.	37

Подготовка изображений отпечатков пальцев к хранению в базе данных дактилоскопических изображений Сивенкова В.Н. Научный руководитель – Козлова Е.И.	41
Создание игрового программного обеспечения с использованием программного средства UNITY Тарасевич К.С. Научный руководитель – Безродный А.А.	43
Трехмерная реконструкция лица по фотографиям Курочкин М.Н. Научный руководитель – Головатая Е.А.	46
Нейросетевое распознавание положительных и отрицательных эмоций детей по изображению лица Цалко Е.Л. Научный руководитель – Садов В.С.	49
Моделирование объектов и их интеграция в виртуальное образовательное пространство Шилковская В.В. Научный руководитель – Головатая Е.А.	52
Мобильная робототехническая платформа с комплексной программой управления движением Шиманская А.Д. Научный руководитель – Митрахович И.О.	55
Разработка метрики лица при выражении эмоции заинтересованности Ерофеев И.А. Научный руководитель – Садов В.С.	59
Система ориентации незрячих и слабовидящих людей при посадке в общественный транспорт Живолковская Е.М. Научный руководитель – Щетько Н.Н.	61
Система контроля и управления микроклиматом, пожарной безопасностью, доступом и отображением информации в учебной аудитории Короткевич М.С., Нехай В.В. Научный руководитель – Шалатонин И.А.	65
Стеганографическое встраивание схем коммуникаций в картографические материалы Автушко К.В. Научный руководитель – Садов В.С.	67
Исследование влияния площади кремниевых пластин на процесс плазмообразования в свч плазмотроне резонаторного типа Тихон О.И. Научный руководитель – Мадвейко С.И.	69
Методика анализа стабильности свечения свч плазменного разряда, возбуждаемого в резонаторе прямоугольной формы Тодин П.А., Тихон О.И. Научный руководитель – Мадвейко С.И.	71

Интеллектуальная система управления термопрофилем инфракрасной пайки Банах К.А. Научный руководитель – Ланин В.Л.	74
Приборно-технологическое моделирование солнечного элемента диодного типа на основе тонких плёнок с высоким коэффициентом поглощения Боровик А.М. Научный руководитель – Стемпичкий В.Р.	76
Исследование влияния температуры на электрические и эксплуатационные характеристики солнечного элемента диодного типа на основе тонких плёнок с высоким коэффициентом поглощения Боровик А.М. Научный руководитель – Стемпичкий В.Р.	79
Система автоматического торможения автомобиля в аварийной обстановке Зарубин В.А. Научный руководитель – Миронов Д.Н.	82
Конструкция программно-управляемого опорно-поворотного устройства Козляковский А.В. Научный руководитель – Здоровцев С.В.	83
Разработка универсальной платформы автоматизированного мобильного метеокомплекса Крюков Н.Н. Научный руководитель – Миронов Д.Н.	84
Повышение эффективности распознавания дерматологических заболеваний с помощью нейронных сетей Брилон А.А. Научный руководитель – Шахлевич Г.М.	85
Проекционный дисплей на основе МЭМС Садченко В.В. Научный руководитель – Ловшенко И.Ю.	86
Изменение электрических свойств пленок оксида ванадия при отжиге Нгуен Т.Д., Занько А.И., То Т.К. Научный руководитель – Голосов Д.А., Котов Д.А.	88
Формирование пленок оксида гафния-циркония методом реактивного магнетронного распыления комбинированной мишени Доан Х.Т., Вилья Н, Пивоварчик С.С., Лам Н.Н. Научный руководитель – Голосов Д.А., Завадский С.М.	92
Реабилитационные экзоскелеты нижних конечностей человека: особенности построения Дубовик А.В. Научный руководитель – Гулай А.В.	96
Автономная мобильная метеостанция с питанием от солнечной батареи Лоско Е.В. Научный руководитель – Полянкова Е.В.	100
Медицинский браслет для диагностики состояния здоровья и предупреждения заболеваний на ранних стадиях Жолуд Е.И. Научный руководитель – Костюк И.Р.	104

Создание лаборатории удаленного доступа для изучения сенсорных микросистем	
Волков К.Д.	
Научный руководитель – Костюк И.Р.	106
Электромеханические ДНК-сенсоры на основе углеродных нанотрубок	
Удгова Т.А.	
Научный руководитель – Гулай А.В.	106
Многопараметровая сенсорная система для контроля направления и режима движения виртуального автомобиля	
Бакач Д.А.	
Научный руководитель – Костюк И.Р.	106