

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники (ИШИТР)  
 Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств  
 Отделение школы (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники (ОАР)

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

<b>Тема работы</b>
<b>Автоматизированная система пропускного контроля на базе машинного зрения</b>

УДК 681.52/.53:351.746:621.865.8-2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5Б	Панферов Владислав Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин М.В.	к.т.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Цавнин А.В.	–		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов А.В.	к.х.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Меньшикова Е.В.	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Винокурова Г.Ф.	к.т.н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Громаков Е.И.	к.т.н., доцент		
Руководитель ОАР ИШИТР	Леонов С.В.	к.т.н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результат обучения (Выпускник должен быть готов)
<b>Профессиональные компетенции</b>	
P1	Обладать естественнонаучными и математическими знаниями для решения инженерных задач в области разработки, производства и эксплуатации систем управления техническими объектами и средств автоматизации.
P2	Обладать знаниями о передовом отечественном и зарубежном опыте в области управления техническими объектами с использованием вычислительной техники
P3	Применять полученные знания (P1 и P2) для формулирования и решения инженерных задач при проектировании, производстве и эксплуатации современных систем управления техническими объектами и их составляющих с использованием передовых научно-технических знаний, достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие методы анализа и синтеза систем управления, методы расчета средств автоматизации, уметь выбирать и использовать подходящее программное обеспечение, техническое оборудование, приборы и оснащение для автоматизации и управления техническими объектами.
P5	Уметь находить электронные и литературные источники информации для решения задач по управлению техническими объектами.
P6	Уметь планировать и проводить эксперименты, обрабатывать данные и проводить моделирование с использованием вычислительной техники, использовать их результаты для ведения инновационной инженерной деятельности в области управления техническими объектами.
P7	Демонстрировать компетенции, связанные с инженерной деятельностью в области научно-исследовательских работ, проектирования и эксплуатации систем управления и средств автоматизации на предприятиях и организациях – потенциальных работодателях, а также готовность следовать их корпоративной культуре
<b>Универсальные компетенции</b>	
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации и управления техническими объектами, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам.
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники (ИШИТР)  
 Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Уровень образования – Бакалавр

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники (ОАР)

Период выполнения – осенний / весенний семестры 2018/2019 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа
---------------------

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	75
	Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
	Социальная ответственность	10

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин М.В.	к.т.н.		

**Консультант**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Цавнин А.В.	-		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Е.И.	к.т.н., доцент		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники (ИШИТР)  
 Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники (ОАР)

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Громаков Е.И.  
 (Подпись)    (Дата)            (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8Т5Б	Панферову Владислав Александровичу

Тема работы:

Автоматизированная система пропускного контроля на базе машинного зрения	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№3489/с от 06.05.2019

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект управления – макет контрольно-пропускного пункта</p> <p>Цель работы: повышение уровня безопасности на предприятиях</p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ методов распознавания объектов на изображении;</li> <li>– анализ методов идентификации личности по двумерному изображению с помощью видеокамеры;</li> <li>– разработка конструкции;</li> <li>– выбор вычислительного устройства;</li> <li>– разработка алгоритмов программы;</li> <li>– реализация на аппаратной платформе.</li> </ul>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– презентация в формате .pptx в размере 20 слайдов.</li> </ul>

<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Меньшикова Е.В.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Винокурова Г.Ф.</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p>Заключение</p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	
--	--

**Задание выдал руководитель / консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин М.В.	к.т.н.		
Ассистент ОАР ИШИТР	Цавнин А.В.	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5Б	Панферов Владислав Александрович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8Т5Б	Панферову Владиславу Александровичу

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОАР</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Тема ВКР:

<b>Автоматизированная система пропускного контроля на базе машинного зрения</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p style="text-align: right;"><i>Объектом исследовательской работы является система автоматического управления КПП на базе машинного зрения. В состав системы входят: сервопривод, микрокомпьютер, камера.</i></p> <p style="text-align: right;"><i>Областью применения разрабатываемой системы является любая отрасль, где требуется разграничение прав доступа на объекты предприятия.</i></p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019)</li> <li>– ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»</li> <li>– ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.</li> </ul>
<b>2. Производственная безопасность</b>  2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов  2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Движущиеся твердые объекты (автоматические двери);</li> <li>– повышенный уровень шума на рабочем месте;</li> <li>– недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>– отклонение показателей климата;</li> <li>– электромагнитные излучения;</li> <li>– психофизиологические факторы;</li> <li>– повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.</li> </ul>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– загрязнение гидросферы не выявлено;</li> <li>– загрязнение атмосферы не выявлено;</li> <li>– выявлено загрязнение литосферы объектом исследования: утилизация платы, а также неисправных деталей.</li> </ul>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– возникновение пожара.</li> </ul>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Винокурова Г.Ф.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5Б	Панферов Владислав Александрович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8Т5Б	Панферову Владислав Александровичу

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОАР</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет – 97 674 руб. Затраты на заработную плату – 43 670 руб. Затраты на электроэнергию – 278 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Тариф на электроэнергию 5,8 кВт/ч
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Налог во внебюджетные фонды 27,1% Районный коэффициент – 1,3 Накладные расходы – 16%

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)	Оценка потенциальных потребителей исследования, анализ конкурентных решений, SWOT – анализ.
2. Формирование календарного плана и бюджета инженерного проекта (ИП)	Планирование этапов работ, определение трудоемкости и построение календарного графика, формирование бюджета.
3. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков	Оценка сравнительной эффективности исследования. Интегральный показатель ресурсоэффективности – 3.35 Интегральный показатель эффективности – 3.35 Сравнительная эффективность проекта – 1.03

**Перечень графического материала** (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Оценка конкурентоспособности ИР
2. Матрица SWOT
3. График разработки и внедрения ИР
4. Материальные затраты
5. Инвестиционный план. Бюджет ИП
6. Основные показатели эффективности ИП

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	12.03.2019
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Меньшикова Е.В.	к.ф.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8Т5Б	Панферов Владислав Александрович		



## Реферат

Выпускная квалификационная работа 87 страниц, 28 рисунков, 19 таблиц, 33 источника, 4 приложения. Ключевые слова: КПП, компьютерное зрение, машинное обучение, Raspberry Pi, OpenCV, портативное устройство, Python, LBRN.

Целью данной работы является проектирование и создание устройства, способного идентифицировать личность человека по изображению, снятого с помощью видеокамеры. После обнаружения лица, находящегося в базе данных, система макет двери открывается.

В данной работе был проведён анализ существующих методов использования машинного зрения и машинного обучения, а также выявлены преимущества и недостатки различных методов обнаружения лица. Для реализации был выбран микрокомпьютер Raspberry Pi 3 исходя из портативности устройства и его вычислительной мощности. Для обнаружения лиц был выбран метод признаков Хаара, а для машинного обучения и последующего распознавания лиц был выбран метод основанного на построении гистограмм локальных бинарных шаблонов. Язык для создания программного обеспечения – Python.

Результат работы – прототип устройства позволяющего определять личности и управлять макетом двери.

Рекомендации в отношении данной работы могут быть в применении намного больших вычислительных ресурсов, а также более сложных методов распознавания лица, в частности, использования 3D-изображений для анализа глубины.

Область применения: любое предприятие, территория, КПП.

Значимость работы заключается в повышении уровня безопасности на предприятиях, путем ограничения доступа на территорию лиц, не зарегистрированных в базе данных.

## Оглавление

Введение	12
1 Теоретическая часть	14
1.1 Изображение	14
1.2 Необходимые библиотеки	14
1.3 Распознавание объектов	15
1.4 Детектирования лица	17
1.5 Распознавание лица	19
2 Проектирование и разработка	24
2.1 Принцип работы устройства	24
2.2 Выбор комплектующих	25
2.3 Конструкция	27
2.4 Программная реализация	28
2.4.1 Реализация на аппаратной платформе	28
2.4.2 Получение изображений для обучения	28
2.4.3 Обучение	32
2.4.4 Рабочая программа	32
2.5 Тестирование системы	32
3 Результаты работы	39
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	40
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования	40
4.2 Анализ конкурентных технических решений	41
4.3 SWOT-анализ	42
4.4 Планирование научно-исследовательских работ	44
4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования	44
4.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ	45
4.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	50
4.5.1 Расчет материальных затрат НТИ	50
4.5.2 Основная заработная плата исполнителей темы	51

4.5.3	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	53
4.5.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	53
4.5.5	Прочие прямые затраты	54
4.5.6	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	54
5	Социальная ответственность	58
	Введение	58
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	59
5.1.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства	59
5.1.2	Эргономические требования к рабочему месту оператора ПЭВМ	60
5.2	Производственная безопасность	62
5.2.1	Движущиеся твердые объекты (двери)	64
5.2.2	Повышенный уровень шума на рабочем месте	65
5.2.3	Недостаточная освещенность рабочей зоны	66
5.2.4	Отклонение показателей микроклимата	67
5.2.5	Электромагнитные излучения	68
5.2.6	Психофизиологические факторы	69
5.2.7	Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	70
5.3	Экологическая безопасность	70
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	71
	Вывод по разделу	74
	Заключение	76
	Conclusion	77
	Список использованных источников	78
	Приложение А Листинг настройки ОС Raspbian перед работой	81
	Приложение Б Листинг программы получения изображений	82
	Приложение В Листинг программы обучения	84
	Приложение Г Листинг работы программы идентификации	85

## Введение

В современном российском обществе существует проблема безопасности на предприятиях, а именно проникновение на территорию нежеланных лиц. На данный момент, регулированием посещающих предприятие людей занимаются контрольно-пропускные пункты (КПП).

До появления цифровых технологий, охранники на КПП осматривали людей лично. Если лицо знакомо или же имелось соответствующее разрешение в виде документа, то разрешалось пройти. Для того, чтобы пройти нелегально можно было подкупить охрану или же использовать поддельный документ.

После появления цифровых технологий люди стали использовать электронные документы – ключ-карты, которые можно приложить к датчикам и дверь откроется. Такие ключ-карты сложно подделать. К сожалению, ею может воспользоваться лицо, не являющееся владельцем, поэтому люди продолжают использовать охранников, которые следят за соответствием между лицом входящего и фотографией, уже имеющейся в базе данных. Примером такого метода контроля могут служить КПП в общежитиях в ТПУ. Чтобы обойти данную систему, можно так же подкупить охранников или же выждать момент, когда они не слишком внимательны.

В данный момент человечество использует денежную экономику, где у каждого человека есть собственный интерес в денежной форме. Поэтому любая система, где человек является управляющим звеном, имеет в той или иной степени недостатки в виде таких факторов как: невнимательность, усталость и коррупция.

Чтобы избежать влияния данных факторов, необходимо использовать установку с минимальным влиянием человека. Сейчас во всем мире активно ведутся исследования и разработки систем с использованием искусственного интеллекта, а также машинного зрения, поэтому решение вышесказанных проблем было принято искать в этих областях. В итоге было решено применить идентификацию личности посредством определения лица, т.к.

данная часть человеческого организма в большинстве своём остается неизменной и её сложно подделать.

Результатом данной работы является автоматизированная система пропускного контроля, выполненная в виде макета, способная опознавать лица с помощью видеокамеры, а также контролировать дверь в зависимости от результата распознавания.

## 1 Теоретическая часть

### 1.1 Изображение

Для идентификации человеческого лица не обязательно рассматривать цветное изображение. Причиной тому служит одно обстоятельство: почти невозможно найти людей с абсолютно идентичными чертами лица, но разного цвета кожи. Поэтому достаточно применять монохромные изображения.

Монохромное растровое изображение в компьютере представляется в виде матрицы размером  $M \times N$  в соответствии с рисунком 1.1.1, где элементы матрицы – значения, характеризующие глубину цвета [1].

$$\begin{bmatrix} A_{1,1} & A_{1,2} & A_{1,3} & \cdots & A_{1,N} \\ A_{2,1} & A_{2,2} & A_{2,3} & \cdots & A_{2,N} \\ A_{3,1} & A_{3,2} & A_{3,3} & \cdots & A_{3,N} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ A_{M,1} & A_{M,2} & A_{M,3} & \cdots & A_{N,M} \end{bmatrix}$$

Рисунок 1.1.1 – Матрица размером  $M \times N$

Повсеместно используется шкала серого цвета, где на каждый пиксель изображения приходится один байт информации (256 значений), т.к. человеческий глаз способен различить всего около 200 оттенков серого. Таким образом, черный цвет соответствует значению – 0, а белый цвет – 255.

Для того, чтобы перевести цветное RGB-изображение в монохромное, необходимо найти среднее арифметическое значений каналов R, G, B для каждого пикселя.

### 1.2 Необходимые библиотеки

*OpenCV* на данный момент является самой распространённой библиотекой для программирования, которая содержит в себе множество алгоритмов компьютерного зрения. Основной задачей этой библиотеки является обработка изображений в реальном времени [2]. Библиотека *OpenCV* стала стандартом в области машинного зрения на сегодняшний день [3].

*Numpy* – это библиотека, которая нацелена на упрощение обработки больших и многомерных массивов. Благодаря ней возможно с лёгкостью переводить любое изображение непосредственно в массив чисел, используя минимум ресурсов. К тому же она является крайне популярной и используется совместно с другими библиотеками машинного обучения и оперирования изображений [4].

### **1.3 Распознавание объектов**

Обнаружение объектов — это компьютерная технология, связанная с компьютерным зрением и обработкой изображений, нацеленная на обнаружение экземпляров семантических объектов определенного класса (таких как люди, здания или автомобили) в цифровых изображениях и видео.

Каждый объектный класс имеет свои уникальные особенности, которые помогают классифицировать класс - например, все круги являются круглыми. Для того, чтобы обнаружить представителя данного класса необходимо использовать эти особенности. Так, при поиске кругов ищутся объекты, которые находятся на определенном расстоянии от точки (то есть центра). Аналогично, при поиске квадратов необходимы объекты, которые перпендикулярны углам и имеют одинаковую длину сторон. Аналогичный подход используется для идентификации лица, где можно найти глаза, нос и губы или же расстояние между глазами.

Обнаружение объектов широко используется в задачах компьютерного зрения, таких как распознавание лиц, идентификация личностей, совместная сегментация видеообъектов в соответствии с рисунком 1.3.1 [5].

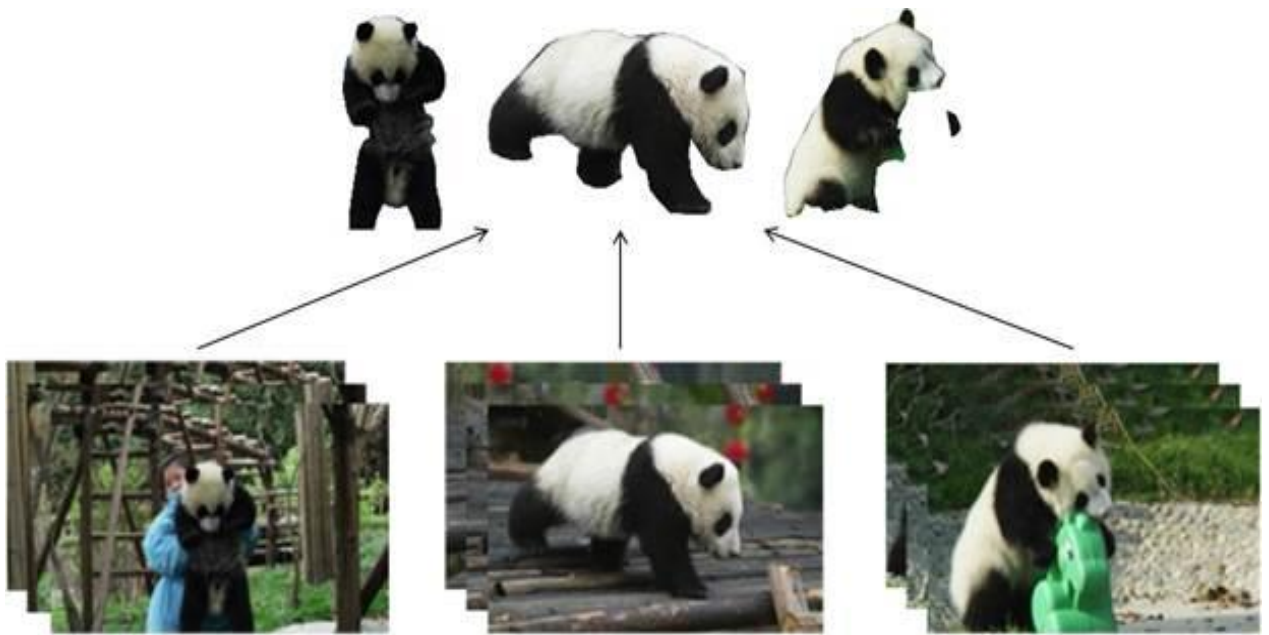


Рисунок 1.3.1 – Совместная сегментация видеообъектов

Она также может быть использована для отслеживания игроков во время бейсбольного или футбольного матчей, вертолѐта или медведя. Пример представлен на рисунке 1.3.2 [5].



Рисунок 1.3.2 – Отслеживание объектов в видеопотоке



## 1.4 Детектирования лица

Метод, предложенный Паулем Виола и Майклом Джонсом в 2001 году, остаётся актуальным и на сегодняшний день. Алгоритм позволяет обнаруживать различные объекты, но в первую очередь был разработан для детектирования лиц, но не для распознавания.

В данном методе используются признаки Хаара - набор элементарных сочетаний тёмных и светлых областей. Как показано на рисунке 1.4.1, признаки делятся на три вида: граничные, линейные и центральные [6]. Таким образом, если на изображении найдена область, в которой обнаружено достаточное количество признаков, то объект можно считать найденным. Так, например, известно, что область глаз человека темнее, чем верхняя часть щёк, а нос светлее [6].

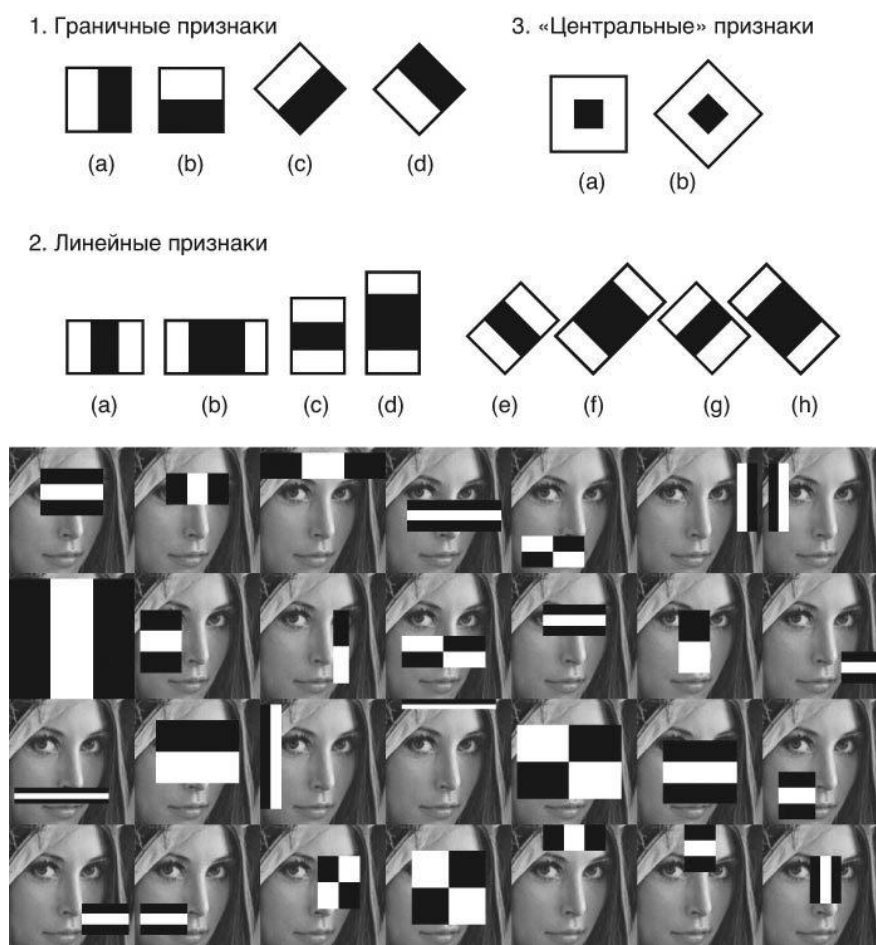


Рисунок 1.4.1 – Признаки Хаара

Для того, чтобы определить, является ли область светлой или тёмной, необходимо просуммировать значения соседних пикселей [6]. Для того чтобы не делать это много раз в процессе поиска объекта, изображение переводится в интегральное представление в соответствии с рисунком 1.4.2.

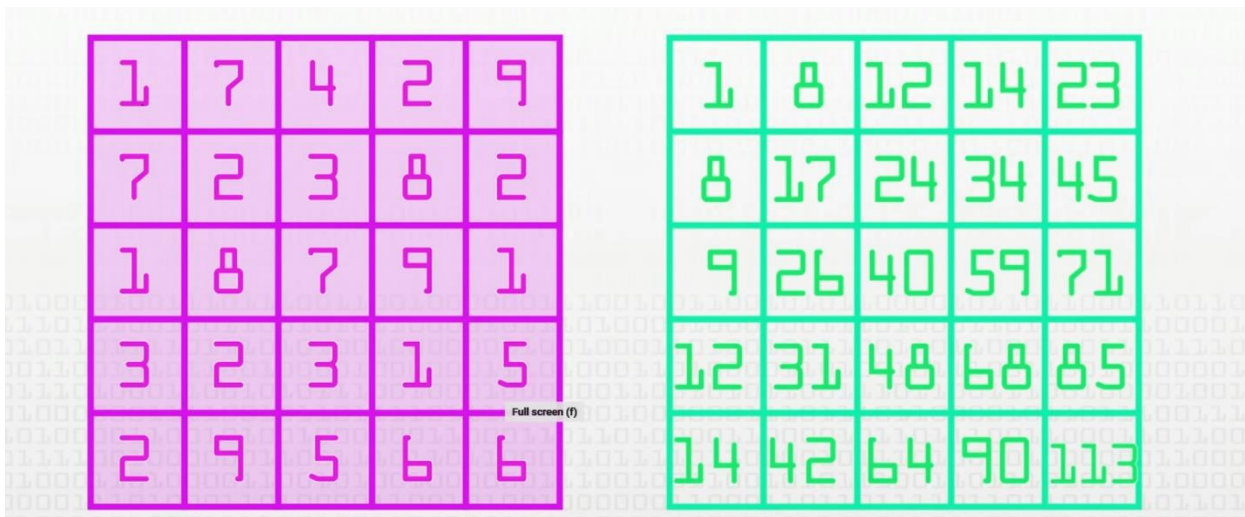


Рисунок 1.4.2 – Изображение слева, интегральный вид справа

На рисунке 1.4.3 показано, как можно определить интенсивность определённой прямоугольной области, используя интегральное представление изображения [7].

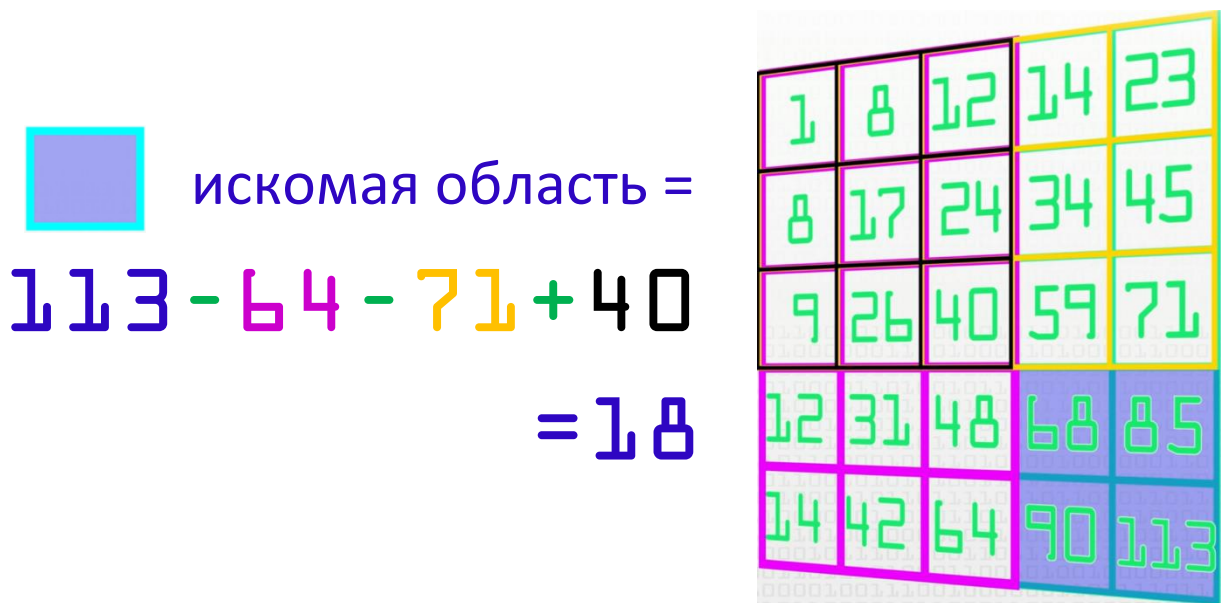


Рисунок 1.4.3 – Определение интенсивности прямоугольной области

Алгоритм для начала проверяет всё изображение на первый признак Хаара. Если признак прошёл проверку, значит в данной области может быть человеческое лицо. Далее необходимо провести тест на другой признак [8]. Пример показан на рисунке 1.4.4.

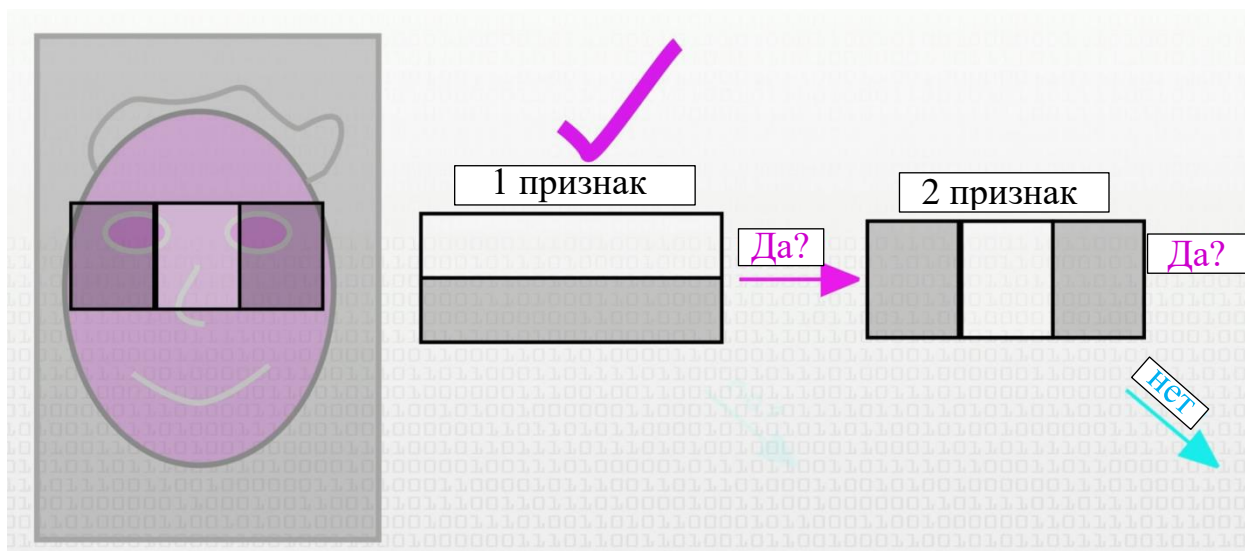


Рисунок 1.4.4 – Проверка признаков

Если в определённой области обнаружено достаточное количество признаков Хаара, то можно считать, что в данном месте находится человеческое лицо.

Преимуществом данного способа детектирования лица является быстрота, низкая требовательность к вычислительным ресурсам и приемлемый коэффициент правильного определения.

## 1.5 Распознавание лица

В данной работе для идентификации лица используется метод гистограмм бинарных локальных шаблонов (LBPН). Для этого возьмём окно  $3 \times 3$ , как показано на рисунке 1.5.1 и переместим его поверх одного изображения [8]. При каждом движении (каждой локальной части изображения) будем сравнивать пиксель в центре с окружающими его пикселями. Обозначим соседей со значением интенсивности, меньшей или соответствующей центральному пикселю, равными 1, а остальных равными 0.

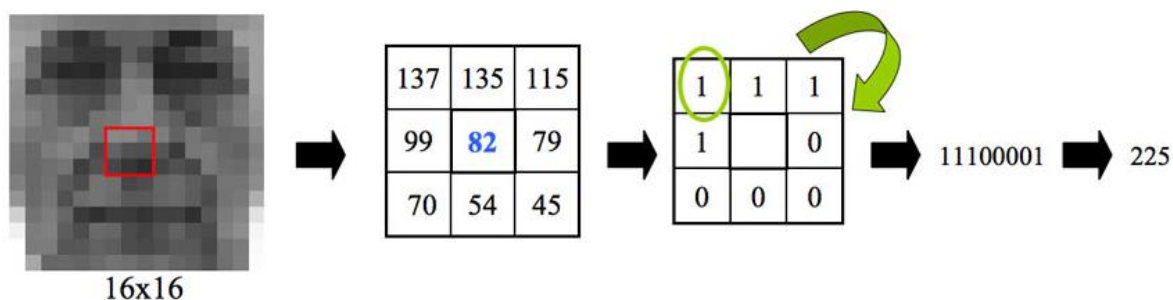


Рисунок 1.5.1 – Проверка признаков

После этого необходимо по часовой стрелке начиная от левого верхнего угла выделять значения для образования двоичного шаблона, такой как 11100001, который является локальным для определённой области изображения. Далее требуется преобразовать число из двоичной формы в десятичное. Формула нахождения локального двоичного шаблона представлена ниже (1). Данная операция повторяется для каждого пикселя.

$$LBP(x_c, y_c) = \sum_{p=0}^{p-1} 2^p \cdot s \cdot (i_p - i_c). \quad (1)$$

где  $(x_c, y_c)$  – координаты центрального пикселя;

$i_c$  – интенсивность центрального пикселя;

$P$  – количество соседних пикселей;

$p$  – порядковый номер соседнего пикселя, начинающийся с левого верхнего угла;

$i_p$  – интенсивность соседнего пикселя.

$s$  – функция signum (2).

$$s(x) = \begin{cases} 1 & \text{если } x \geq 0, \\ 0 & \text{иначе} \end{cases}. \quad (2)$$

После этого изображение разбивается на регионы сеткой, обычно 8x8, характеризуя каждую область конкретной особенностью строения лица, например, область губ, область глаза и т.д. Далее для каждого региона строится локальная гистограмма. Эти локальные гистограммы сшиваются в одну «сцепленную» гистограмму. Процесс образования сцепленной гистограммы выглядит следующим образом на рисунке 1.5.2.

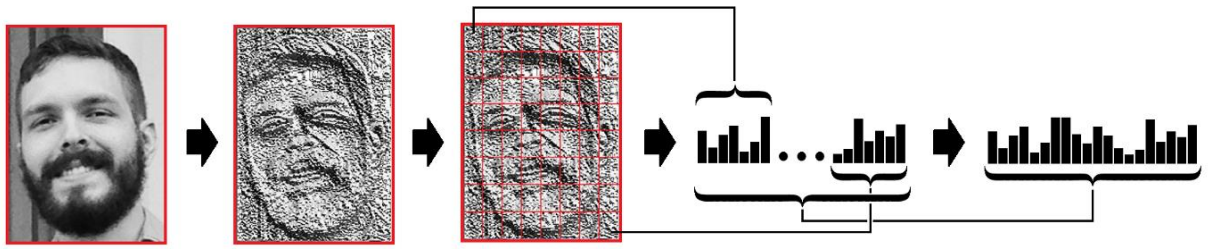


Рисунок 1.5.2 – Образование сцепленной гистограммы

На оси абсцисс такой гистограммы расположены значения интенсивности белого, а на оси ординат их частоты в процентах. Для наглядности на рисунке 1.5.3 представлен пример гистограммы полного изображения.

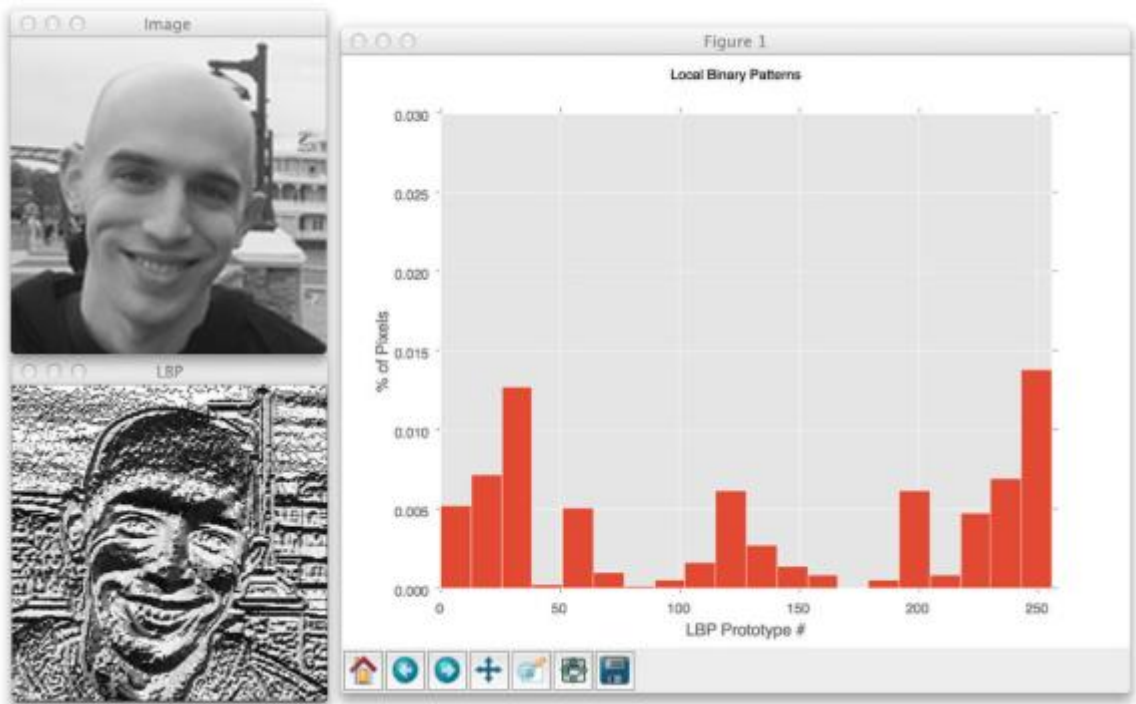


Рисунок 1.5.3 – Гистограмма изображения

Результатом предыдущих действий будет представлять собой одна гистограмма для каждого лица в наборе данных тренировки [9]. Это означает, что если в наборе обучающих данных было 100 изображений, то программа извлечет 100 гистограмм после обучения и сохранит их для последующего распознавания. Алгоритм также маркирует каждую гистограмму в соответствии с личностью, которой она принадлежит.

Такой метод позволяет избежать влияния освещенности. Ниже на рисунке 1.5.4 приведена группа фотографий одного и того же лица, а также соответствующие им гистограммы локальных двоичных шаблонов изображений [10]. Видно, что на результат почти не влияют изменения освещенности:

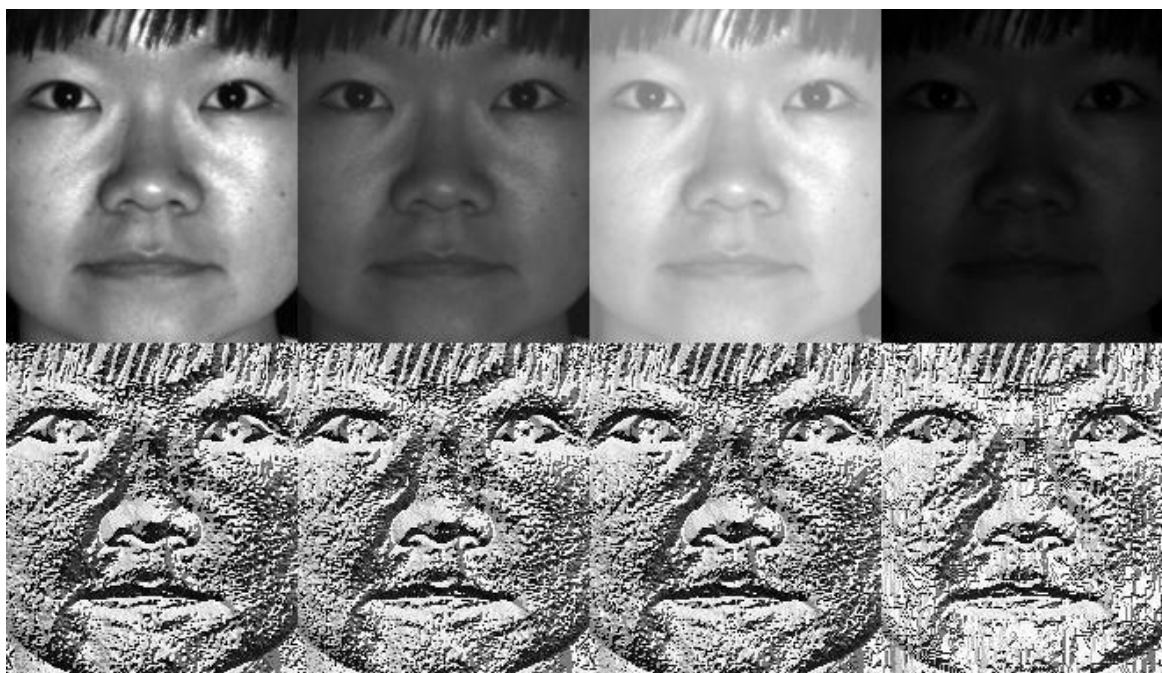


Рисунок 1.5.4 – Гистограммы при разных освещенностях

Далее процесс распознавания выглядит следующим образом:

- а) Подача нового изображения в программу для распознавания лиц.
- б) Этот распознаватель генерирует гистограмму для нового изображения.
- в) Затем он сравнивает эту гистограмму с уже имеющимися гистограммами.
- г) Наконец, он находит лучшее совпадение и возвращает метку человека, связанную с этим наилучшим соответствием.

Поиск подходящей гистограммы из списка реализуется при помощи вычисления Евклидова расстояния между искомой и имеющейся гистограммами (3).

$$D = \sqrt{\sum_{i=1}^n (hist1_i - hist2_i)^2}. \quad (3)$$

где  $hist1_i, hist2_i$  – элементы гистограмм.

## 2 Проектирование и разработка

### 2.1 Принцип работы устройства

В данной работе предполагается создать систему автоматизированного пропускного контроля на базе машинного зрения в виде небольшого макета – устройства, выполняющего основные необходимые функции, концептуальная схема которого представлена на рисунке 2.1.1. Основными элементами такого устройства являются:

- а) вычислительная машина, которая способна обрабатывать изображения в реальном времени и на которой должна храниться информация о лицах;
- б) камера для получения изображения в реальном времени;
- в) сервопривод, задающий положение миниатюрной двери;
- г) два сигнализирующих светодиода (красный и зелёный);
- д) корпус.

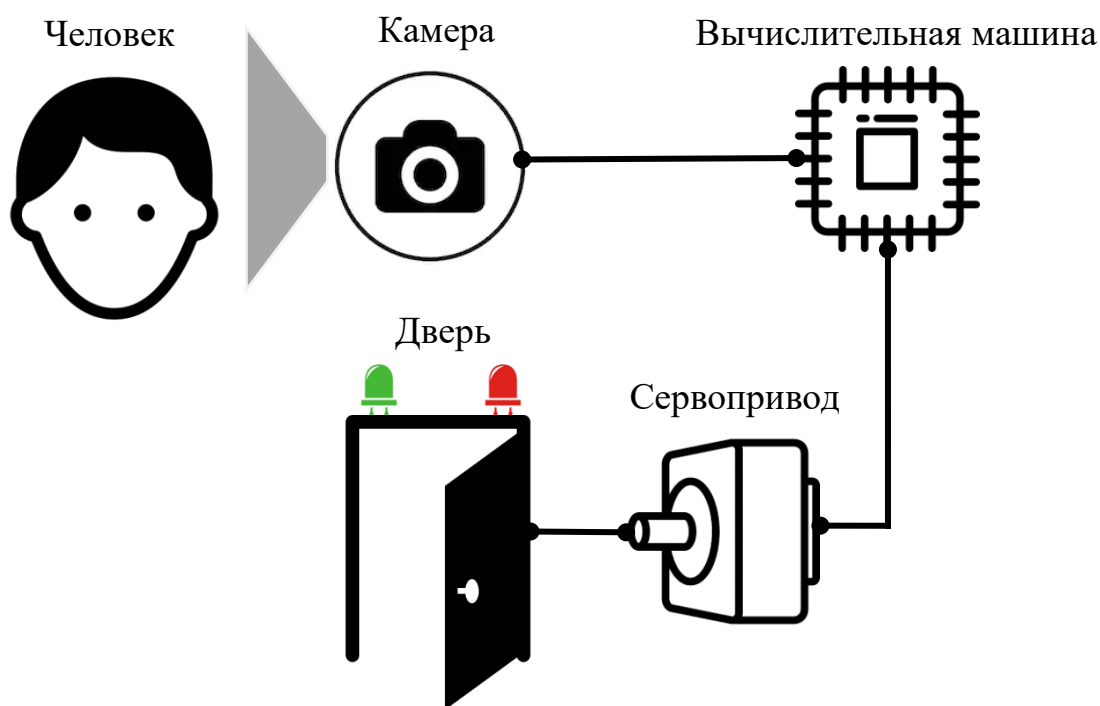


Рисунок 2.1.1 – Концептуальная схема устройства

Камера в основном режиме работы включена и сканирует видеопоток на наличие человеческого лица. В это же время горит красный светодиод, а дверь закрыта.



Как только лицо обнаружено, вычислительная машина строит для него гистограмму и сравнивает её со всеми имеющимися. Если машина найдёт удовлетворительное сходство, то она подаст сигнал на сервопривод для открытия двери, а также загорится зелёный светодиод, сигнализирующий о том, что можно проходить. По истечении 7 секунд, снова загорится красный, предупреждающий о том, что скоро закроется дверь и необходимо освободить проход. После 3 секунд дверь закроется.

## 2.2 Выбор комплектующих

Так как в данной работе необходимо выполнить макет системы, в качестве аппаратной платформы был выбран микроконтроллер. Для определения необходимой модели устройства следует провести анализ существующих решений.

Планируемая обработка изображений является затратной задачей в отношении вычислительных мощностей. Для того, чтобы облегчить разработку, микрокомпьютер должен иметь возможность широтно-импульсного модулирования (ШИМ) для контроля сервопривода и выходы для светодиодов. Также одними из главных критериев являются цена и обширность документации для модели микрокомпьютера. Ниже в таблице 2.2.1 приведены характеристики наиболее популярных микрокомпьютеров.

Таблица 2.2.1 – Характеристики микрокомпьютеров [11]

Наименование	CPU	RAM	Необходимые порты и интерфейсы	Цена
Raspberry Pi 3 B+	4 ядра ARM Cortex-A53 @1,4 ГГц	DDR2 1 ГБ	+	30 €
Khadas VIM2 MAX v1.4	8 ядер ARM Cortex-A53 @ 1,5 ГГц	DDR4 4 ГБ	+	120 €
Cubietruck Cubieboard3	2 ядра ARM Cortex-A7 @ 1,5 ГГц	DDR3 2 ГБ	+	100 €
Banana pi BPI M3	8 ядер ARM Cortex-A7 @ 1,8 ГГц	DDP3 2 ГБ	+	100 €

Было решено выбрать микрокомпьютер Raspberry Pi 3 B+, который представлен на рис 2.2.1, из-за крайне невысокой цены, а также самого обширного сообщества пользователей данного аппарата среди анализируемых устройств. Несмотря на то, что показатели, характеризующие вычислительную мощность, не являются высокими, их вполне достаточно для используемых методов обработки изображений.

Raspberry Pi – это одноплатные компьютеры, которые изначально были созданы в Великобритании для содействия преподаванию базовых компьютерных наук в школах. Работает устройство благодаря операционной системе Raspbian основанной на Debian. На ней имеется привычный пользовательский интерфейс, а также множество полезного ПО для разработки и отладки программ.

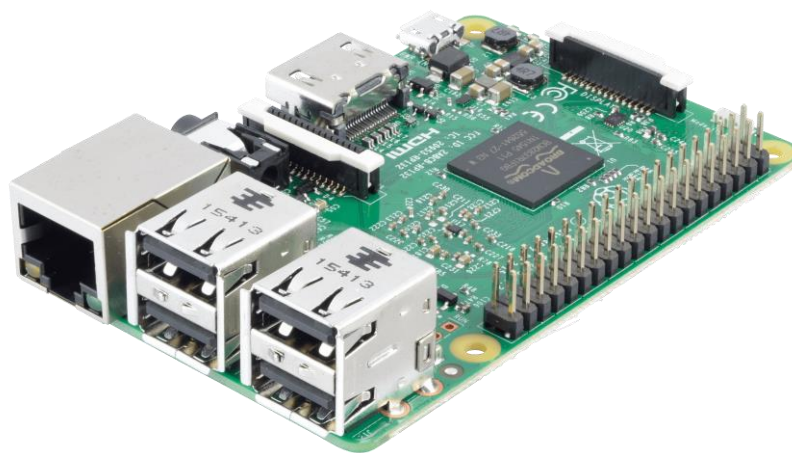


Рисунок 2.2.1 – Микрокомпьютер Raspberry Pi 3 B+

В качестве камеры был выбран модуль Raspberry Pi Camera Module V2-8 Мегapixel 1080р, специально разработанный для данного микрокомпьютера в соответствии с рисунком 2.2.2. Он позволяет снимать FullHD видео с частотой 30 кадров в секунду или HD видео с частотой 60 кадров в секунду. Крепится данный модуль с помощью 15-тисантиметровой ленты в CSI порт микрокомпьютера.

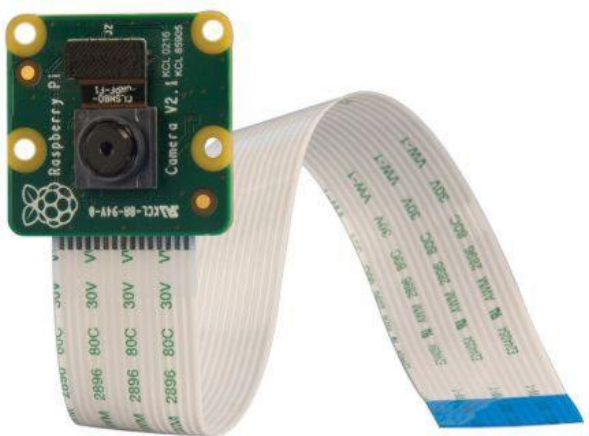


Рисунок 2.2.2 – Raspberry Pi Camera

### 2.3 Конструкция

Макет КПП представлен на рисунке 2.3.1. Для создания корпуса был выбран материал в виде пенополистирола из-за прочности и легкости в обращении. Стена справа сделана из пенопласта благодаря массивности и большого объёма. В свою очередь, макет из двери выполнен из трёхмиллиметрового картона, прикрепленного к сервоприводу, который закреплен на реечной конструкции.

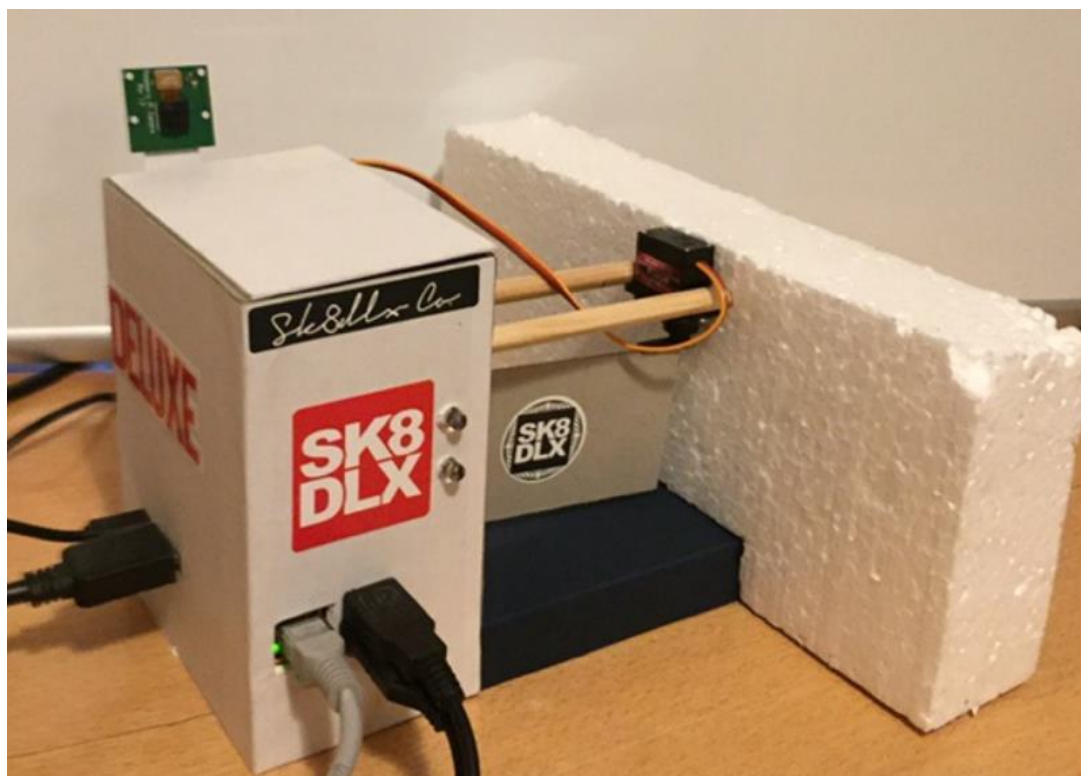


Рисунок 2.3.1 – Макет КПП

Внутри корпуса слева находятся микрокомпьютер, а также батарейки для питания сервопривода. На лицевую сторону вынесены светодиоды для индикации состояния системы. Также сделаны прорезы для подключения внешних устройств и питания системы. Видеокамера вынесена с задней части корпуса.

## **2.4 Программная реализация**

Для реализации проекта был выбран язык программирования Python. Причинами выбора этого языка послужили большая его популярность в областях компьютерного зрения и машинного обучения, а также желание познакомиться с новым языком программирования [12].

### **2.4.1 Реализация на аппаратной платформе**

Перед началом работы на микрокомпьютере требуется установить необходимые библиотеки и зависимости. Полный листинг команд для настройки системы с подробным описанием приведен в приложении А.

Весь процесс работы данного устройства разбит на три основные части:

- а) Получение некоторого количество изображений лиц людей, которые имеют допуск, и сохранение их в память устройства.
- б) Обучение машины, путем создания гистограмм для каждой фотографии, сделанной ранее.
- в) Рабочий режим устройства, подразумевающий непрерывное сканирование человеческих лиц, их сравнение, а затем открытие двери или игнорирование.

### **2.4.2 Получение изображений для обучения**

Полный листинг программы приведен в приложении Б. Стоит сказать о ключевых фрагментах кода. Был использован уже обученный классификатор признаков Хаара, который распространяется вместе с библиотекой OpenCV.

Этот классификатор уже «знает», какие необходимо использовать шаблоны, их количество, а также порядок сравнения [13].

Процедура нахождения объектов на изображении по заданному классификатору в OpenCV на языке Python выглядит следующим образом:

*CascadeClassifier.detectMultiScale (image, scaleFactor, minNeighbors)*

где *image* – изображение, где необходимо искать лица;

*scaleFactor* – параметр, который отвечает за то, как сильно должен уменьшиться масштаб сканирующего окна после прохождения всего изображения. Оптимальное значение – 1.3;

*minNeighbors* – параметр, который отвечает за то, сколько должно быть повторных срабатываний для области, чтобы обозначить объект. Оптимальное значение 5.

Процедура достаточно часто и правильно находит лицо на изображении в соответствии с рисунком 2.4.2.1.

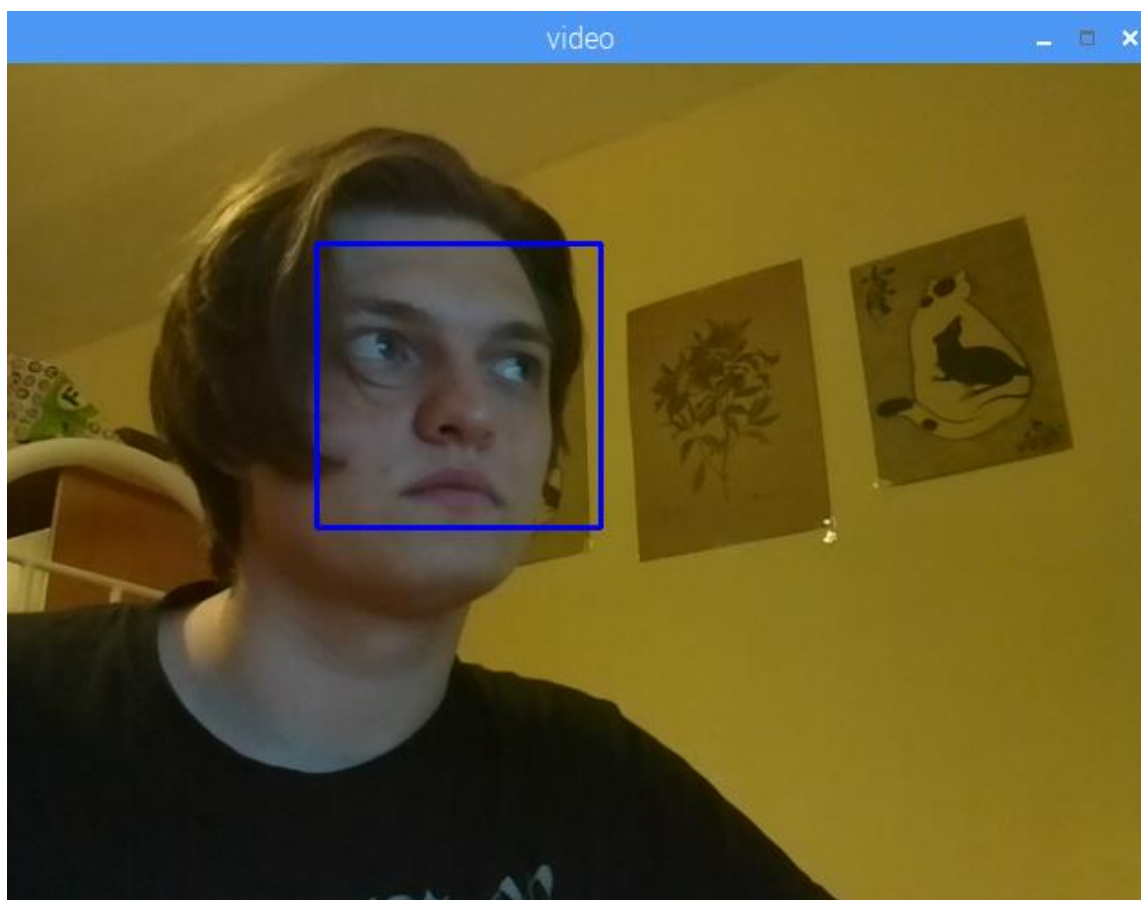


Рисунок 2.4.2.1 – Обнаруженное лицо на фотографии

Следует отметить, что при использовании подхода, представленного выше, качество распознавания лица оставляет желать лучшего. Процент сходства составляет не более 30%, а также программа очень часто выдает ID другого человека. Несмотря на то, что процедура нахождения лица работает довольно хорошо, она иногда находит ложные «лица» на изображении, которые в дальнейшем используются для обучения программы, что также приводит к ухудшению качества работы.

Для того, чтобы решить эту проблему было принято использовать выравнивание лица по глазам человека, а также проверку на количество обнаруженных объектов. К примеру, у человека не может быть двух правых глаз. Для ещё большей точности рекомендуется использовать белый фон как для обучения, так и для работы устройства, чтобы в кадр не попадали лишние элементы, портящие результирующие гистограммы. Чтобы реализовать вышесказанное было принято следующее:

После обнаружения одного человеческого лица, программа ищет в красной области правый глаз, а левый в зелёной, как показано на рисунке 2.4.2.2. Основано это на особенности строения лица: обычно, глаза у человека располагаются в верхней половине лица.

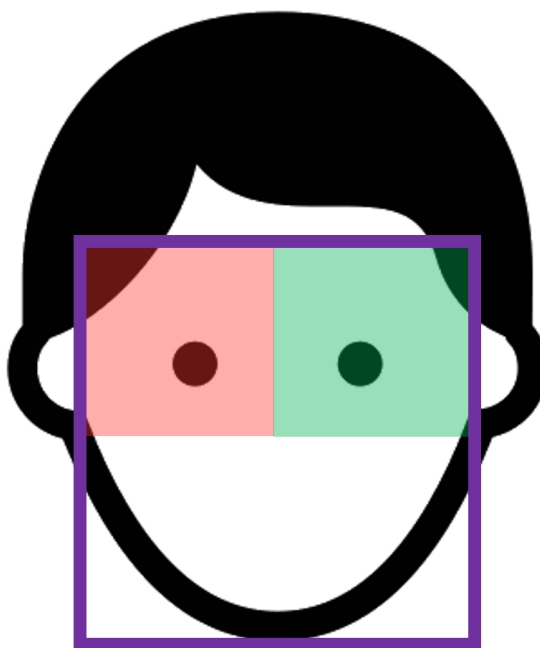


Рисунок 2.4.2.2 – Области поиска глаз

Данные области выбраны для исключения ложных срабатываний, представленные на рисунке 2.4.2.3, а также для снижения вычислительной нагрузки, благодаря уменьшению анализируемого региона [3].

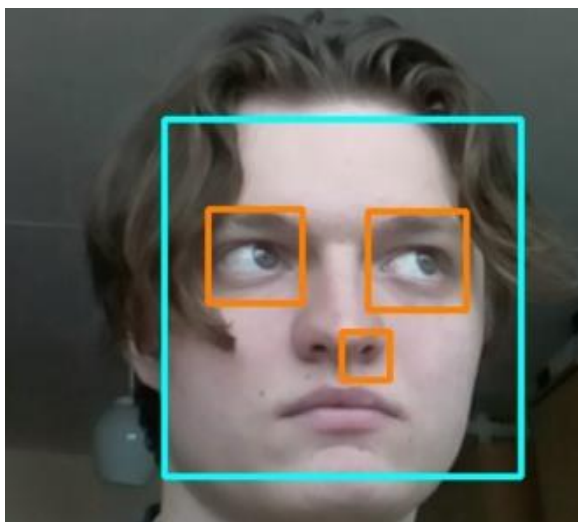


Рисунок 2.4.2.3 – Ложные срабатывания

После того, как найдены центры глаз, реализуется вычисление необходимого угла поворота  $\alpha$  по формуле (4).

$$\alpha = -\frac{180 \cdot \tan^{-1} \frac{(y_l - y_r)}{(x_l - x_r)}}{\pi}. \quad (4)$$

где  $(x_l, y_l), (x_r, y_r)$  – координаты левого и правого глаз.

Теперь с помощью аффинного преобразования [13] фрагмент изображения чуть большей области, где ранее было найдено лицо, поворачивается на угол  $\alpha$ . Далее в этом фрагменте программа снова ищет лицо и затем сохраняет эту часть изображения в память микрокомпьютера с именем номера фотографии и ID испытуемого.

Данный процесс повторяется до тех пор, пока не будет выявлено 30 фотографий лица. На этом процесс получения необходимой для обучения выборки для одного человека можно считать завершенным.

### 2.4.3 Обучение

Полный листинг программы приведен в приложении В. На данном этапе необходимо обозначить, каким методом распознавания пользоваться программе, а именно методом гистограмм локальных бинарных шаблонов. Это реализовано следующим методом.

```
recognizer = cv2.face.LBPHFaceRecognizer_create()
```

Далее программа находит все изображения в папке `dataset` учитывая имя каждого файла, переводит эти изображения в массивы, а затем передает их и ID в распознаватель для обучения. После этого она создает файл формата `.yml`, содержащий соответствующие гистограммы.

### 2.4.4 Рабочая программа

В приложении Г представлен листинг рабочей программы. Аналогично алгоритму, применяемому для выявления выборки изображений, необходимых для обучения распознавателя, программа находит уже нормализованное лицо, где глаза расположены горизонтально. После этого программа анализирует его, как это было сказано ранее.

Если процент совпадения больше 60, тогда в переменную *Permission* заносится значение 1, а затем с помощью функции *opendoor()* подаётся сигнал на сервопривод, который открывает дверь,. После того, как пройдёт 10 секунд с момента обнаружения лица и закроется дверь, переменная *Permission* примет значение равно 0, которое позволит программе снова запустить процесс открытия двери. Сделано это для предотвращения многократного запуска функции *opendoor()*.

## 2.5 Тестирование системы

В тестировании были использованы фотографии людей различного пола с разными чертами лица, а также национальностями. Для запуска программы получения лиц, необходимо, находясь в директории проекта, ввести в консоль Raspbian следующее:



```
$ python 01_face_dataset.py
```

Программа предложит ввести ID перед началом работы. На рисунках 2.5.1, 2.5.2 показан процесс получения выборки изображений. Для улучшения последующего распознавания лиц рекомендуется делать наклоны лица в разные стороны, а также проявлять эмоции во время работы.



Рисунок 2.5.1 – Оригинальное изображение

На рисунке 2.5.2 представлены два изображения. Слева – изображение с обнаруженными глазами и лицом, а справа нормализованное изображение. Белый квадратом помечена область, которая в дальнейшем будет использована для создания гистограммы.

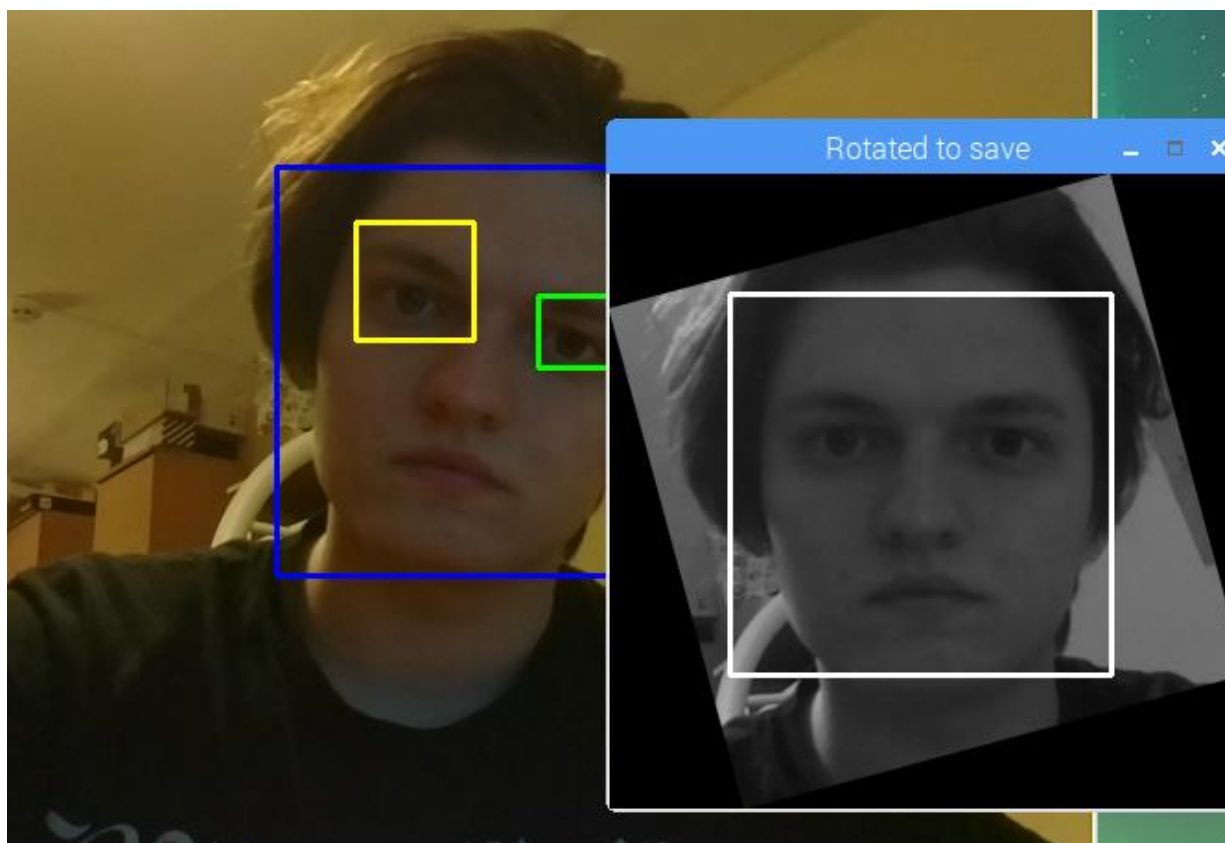


Рисунок 2.5.2 – Обнаруженные части человека и нормализованное изображение

После того, как для каждого лица будут выявлены 30 фотографий, следует запуск программы обучения путем введения следующей строки в консоли микрокомпьютера:

```
$ python 02_face_train.py
```

Результатом программы является файл, о котором говорилось ранее. Теперь можно приступить к основной работе устройства. Для этого нужно ввести:

```
$ python 03_face_recognition.py
```

После того, как в объектив камеры попадает изображение лица знакомого человека, представленного на рисунке 2.5.3, дверь на макете открывается на 7 секунд в соответствии с рисунком 2.5.4, а также загорается зелёный светодиод, а красный гаснет.

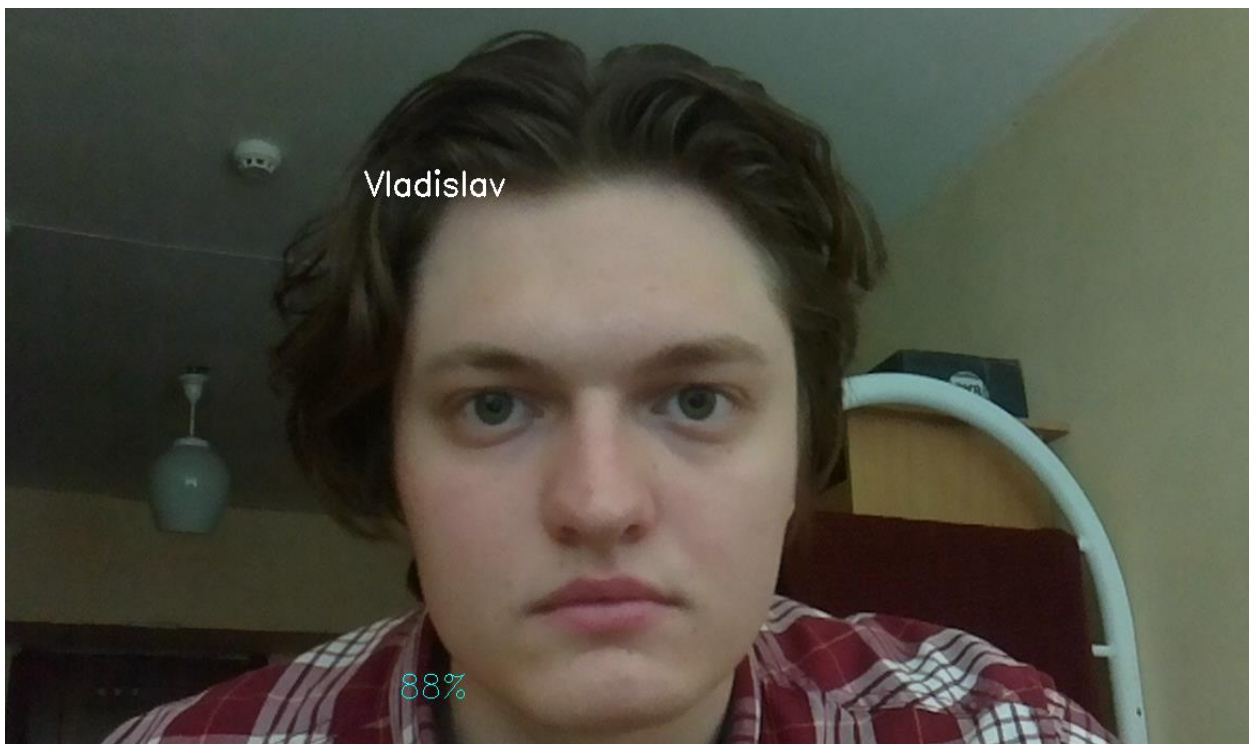


Рисунок 2.5.3 – Попадание в объектив известного лица



Рисунок 2.5.4 – Открытие двери

В случае, если в объектив камеры попадает неизвестное лицо, дверь не открывается, т.к. процент совпадения ниже 60 %, как показано на рисунке 2.5.5.

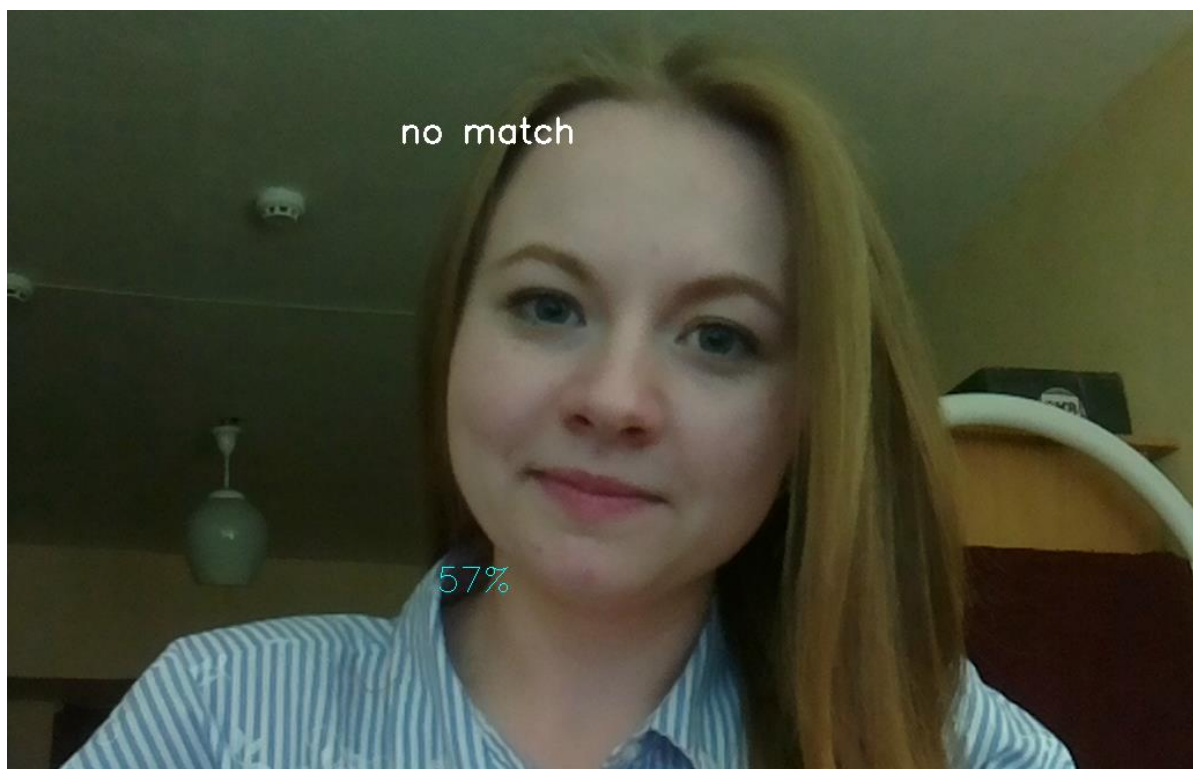


Рисунок 2.5.5 – Нахождение неизвестного лица

На рисунках 2.5.6 – 2.5.9 представлены ещё несколько скриншотов результатов работы программы.

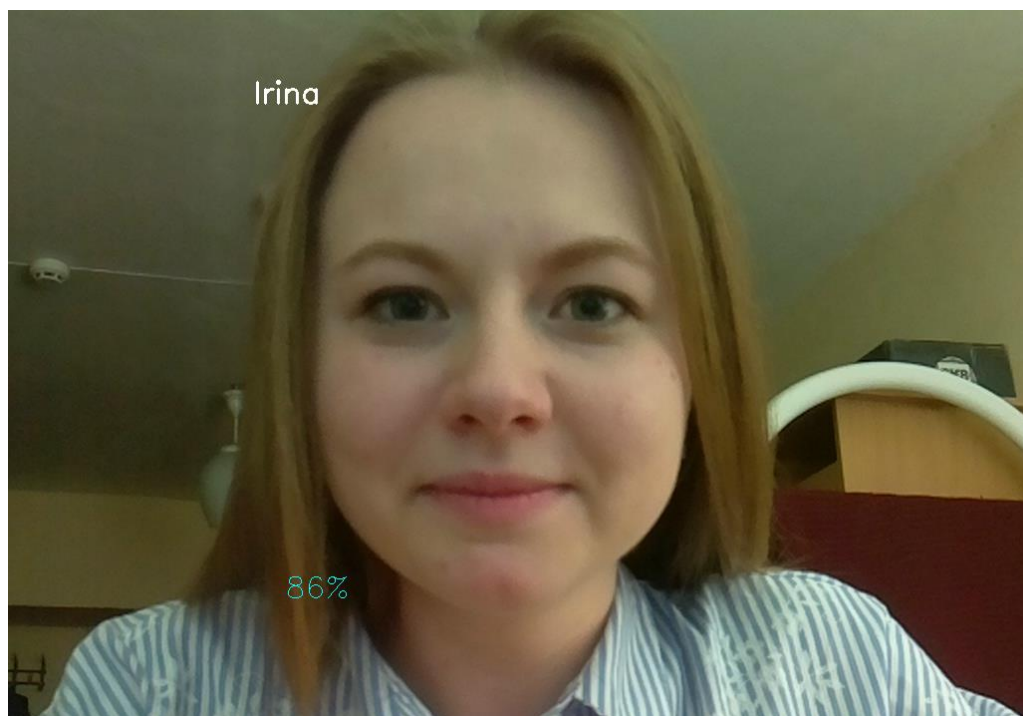


Рисунок 2.5.6 – Нахождение лица после обучения



Рисунок 2.5.7 – Детектирование известного лица



Рисунок 2.5.8 – Обнаружение известного лица

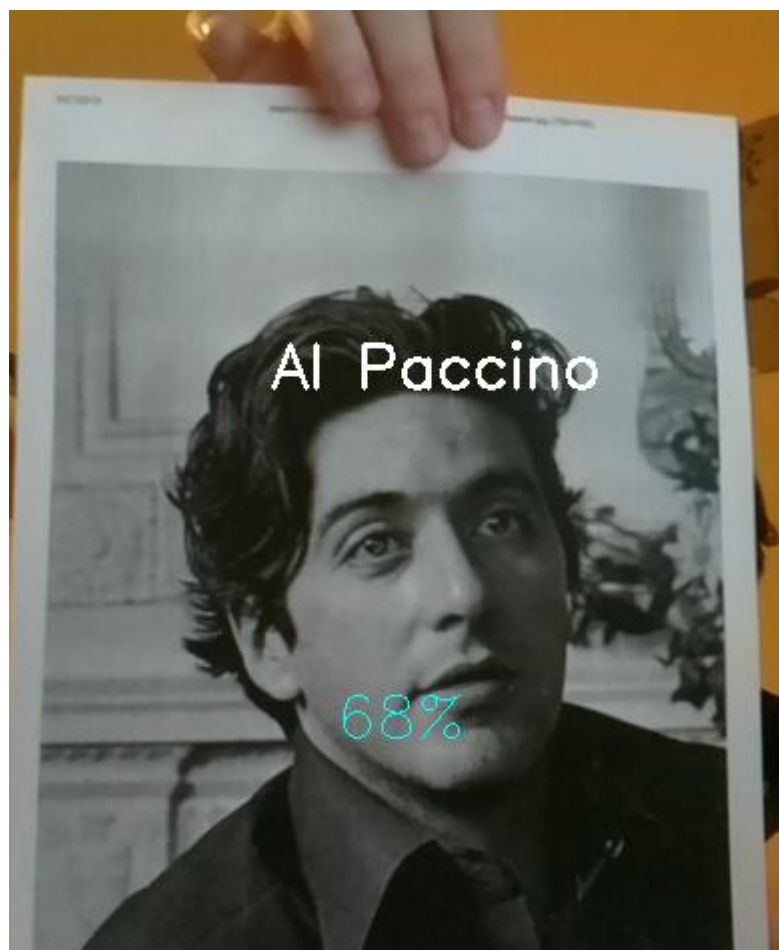


Рисунок 2.5.9 – Отыскание известного лица

### **3 Результаты работы**

По итогам работы можно сделать вывод о том, что система отвечает заданному набору функций. Процент совпадения достигает порядка 90 %. Скорость обучения для 1500 фотографий составляет около минуты.

Следует сказать о довольно неплохом показателе числа кадров в секунду (FPS), который варьируется в пределах от 7 до 12 единиц. При увеличении разрешения до HD, FPS снижается до 4 единиц. В данном проекте такой показатель является приемлемым.

Из недостатков системы можно выделить чувствительность к направленному освещению, но не интенсивности падающего света, т.к. при падении света сбоку, создаётся множество теней, например, тень от носа. Для корректного использования рекомендуется использовать свет, строго направленный на лицо человека.

В случае, если пользователь использует очки, программа не сможет опознать лицо. Также данный метод распознавания лиц не является рекомендуемым для использования его в реальных условиях, по той причине, что систему можно легко обмануть путем использования фотографии человека, имеющегося в базе изображений. Для решения этой проблемы необходимо использовать методы анализа 3D изображения, чтобы учитывать глубину пространства.

## 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

### 4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Объектом исследования является пропускная система на базе машинного зрения. Группу потребителей данной системы стабилизации могут составлять предприятия, на которых необходимо осуществлять контролируемый допуск к определённому объекту, например, на территорию предприятия или склада могут иметь доступ не все работники компании. Такими предприятиями могут быть: склады, офисы, заводы, охраняемые объекты, научные центры, информационные центры. Сегментирование рынка произведено по следующим критериям: размер компании-заказчика и личный доступ к предприятию. Карта сегментирования представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Карта сегментирования

		Личный доступ к предприятию			
		Магазины	Интернет-магазины	Офисы, информационные центры	Заводы, склады
Размер компании	Крупные				
	Средние				
	Мелкие				

Согласно карте сегментирования, можно выделить следующие сегменты рынка: разработка системы автоматизированного пропускного контроля на базе машинного зрения для предприятий любого размера, где требуется разграничение доступа личного присутствия к территориям предприятия.



## 4.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо производить систематически, так как рынки пребывают в постоянном движении. Данный анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим конкурентам.

Полноценных систем, включающих в себя контролирующее устройство, а также управляемые двери, не было найдено. Но были обнаружены биометрические терминалы российского и зарубежного производств. Среди производителей выделены следующие компании: ANVIZ (конкурент 1), Biolink Solutions (конкурент 2). Анализ представлен в таблице 4.2.

ANVIZ – компания, основанная в 2001 году в Китае, являющаяся ведущим провайдером конвергентных интеллектуальных систем обеспечения безопасности для предоставления комплексного контроля доступа. Будет рассмотрен продукт ANVIZ Face Pass. Biolink Solutions – это российская компания, которая является лидером российского рынка биометрических систем. Функция распознавания лица в рассматриваемом продукте не является основной, а является лишь дополнением к сканеру отпечатков пальцев и датчику бесконтактных RFID карт.

Таблица 4.2 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Скорость распознавания	0,2	4	5	5	1	1,25	1,25
2. Качество распознавания	0,4	2	5	3	0,8	2	1,2
3. Объем памяти лиц	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4

Продолжение таблицы 4.2 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
4. Надежность	0,05	4	5	2	0,2	0,25	0,1
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность	0,1	4	5	2	0,4	0,5	0,2
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	3	3	1	0,15	0,15	0,05
3. Цена	0,075	5	2	1	0,38	0,15	0,08
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,025	5	5	5	0,13	0,13	0,13
Итого	1	32	33	23	3,55	4,73	3,4

Согласно техническим критериям ресурсоэффективности можно выделить основную слабую сторону проекта, которую необходимо устранить путем внедрения иных методов: качество распознавания лица. Однако, продукт остается конкурентоспособным по оставшимся техническим характеристикам. Из сильных сторон можно выделить объём памяти лиц.

Для оценки экономической эффективности были выбраны следующие экономические критерии: конкурентоспособность продукта, уровень проникновения на рынок, цена и предполагаемый срок эксплуатации. Цена является ключевым конкурентным критерием. По результатам анализа можно сделать выводы о том, что созданный продукт является конкурентоспособным в условиях существующего рынка.

### 4.3 SWOT-анализ

Для исследования внутренней и внешней среды проекта был проведен комплексный анализ научно-исследовательского проекта – SWOT-анализ. Итоговая матрица SWOT-анализа, полученная в результате реализации всех этапов исследования, приведена в таблице 4.3.1.

Таблица 4.3.1 – Матрица SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Низкая стоимость. С2. Объем памяти.	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1. Низкое качество определения лиц. Сл2. Малая вычислительная мощность.
<b>Возможности:</b> В1. Совершенствование методов определения лица. В2. Выход на иностранный рынок. В3. Увеличение вычислительной мощности.	За счёт дешевизны проекта появляется возможность улучшения качества определения лиц за счет интеграции второй камеры для захвата 3Д изображений. Это позволит принимать участие в международных конференциях для поиска инвесторов.	Изменение правительственной политики позволит выйти на новые рынки. При осваивании новых отраслей и выходе на иностранный рынок возможно появление и увеличение команды разработчиков и бюджета, что приведет к уменьшению времени интеграции данного решения. Использование иных методов обработки изображений позволит снизить нагрузку на компьютер.
<b>Угрозы:</b> У1. Боевые действия. У2. Экономический кризис. У3. Высокая конкуренция на рынке.	Низкая стоимость проекта позволит расширить круг потребителей. Вариативность исполнения проекта позволит выжить в случае экономического кризиса. В случае боевых действий данное решение может быть использовано повсеместно, тем самым расширится круг потребителей.	Увеличение функционала и мощности системы позволит стать системе более конкурентно способной. Выход на иностранные рынки позволят сохранить спрос при неблагоприятном изменении правительственной политики по отношению отрасли.

По результатам SWOT-анализа можно сделать выводы о том, что необходимо поддерживать на высоком уровне такие сильные стороны проекта, как низкая себестоимость. А также необходимо устранять слабые стороны такие как: малая вычислительная мощность и низкое качество определения лиц.

#### 4.4 Планирование научно-исследовательских работ

##### 4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- а) - определение структуры работ в рамках научного исследования;
- б) - определение участников каждой работы;
- в) - установление продолжительности работ;
- г) - построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения исследования необходимы исполнители в лице руководителя и инженера. Перечень этапов, работ и исполнителей приведен в таблице 4.4.1.1.

Таблица 4.4.1.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, инженер
Теоретические исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Изучение существующих систем	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер
	5	Подбор компонентов для реализации системы	Инженер
Разработка и проектирование системы	6	Покупка комплектующих	Инженер
	7	Сборка системы	Инженер
	8	Создание программной части	Инженер
	9	Тестирование и отладка работы системы	Руководитель, Инженер

Продолжение таблицы 4.4.1.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Обобщение и оценка результатов	10	Оценка полученных результатов	Руководитель
Оформление отчета по НИР	11	Составление пояснительной записки	Инженер

#### 4.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Так как отсутствует нормативная база по проводимым работам, а также достоверная информация о процессе выполнения подобных работ иными исполнителями, воспользуемся экспертным способом оценки продолжительности выполнения запланированных работ. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{min i} + 2t_{max i}}{5}, \quad (5)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн;

$t_{min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн;

$t_{max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как

удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (6)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Представим ленточный график в форме диаграммы Гранта. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (7)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -ой работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -ой работы в рабочих днях;

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1.22 \quad (8)$$

где  $T_{кал}$  – количество календарных дней в году;

$T_{вых}$  – количество выходных дней в году;

$T_{пр}$  – количество праздничных дней в году.

Полученные данные представлены в таблице 4.4.2.1.

Таблица 4.4.2.1 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работы						Длительность работы в рабочих днях, $T_{pi}$		Длительность работы в календарных днях, $T_{ki}$	
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ож}$ , чел-дни		Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер				
Составление и утверждение технического задания	2	2	6	6	3,6	3,6	1,8	1,8	2,196	2,196
Подбор и изучение материалов по теме		10		18		13,2		13,2		16,104
Изучение существующих систем		1		2		1,4		1,4		1,708
Календарное планирование работ по теме	1	1	3	3	1,8	1,8	0,9	0,9	1,098	1,098
Подбор компонентов для реализации системы		1		1		1		1		1,22
Покупка комплектующих		1		1		1		1		1,22
Сборка системы		1		1		1		1		1
Создание программной части		18		20		18,8		18,8		22,936
Тестирование и отладка работы системы	1	1	4	4	2,2	2,2	1,1	1,1	1,342	1,342
Оценка полученных результатов	1		2		1,4		1,4		1,708	
Составление пояснительной записки		8		13		10		10		12,2
Итого							5,2	50,2	6,344	61,024

На основе полученной таблицы 4.4.2.1 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ с разбивкой по месяцам и декадам. График работ приведен в таблице 4.4.2.2.



Таблица 4.4.2.2 – Календарный план-график выполнения проекта

№ работ	Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ											
				февр.			март			апр.			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, инженер	4			▨									
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	16			■									
3	Изучение существующих систем	Инженер	2					■							
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер	2					▨							
5	Подбор компонентов для реализации системы	Инженер	1					■							
6	Покупка комплектующих	Инженер	1					■							
7	Сборка системы	Инженер	1					■							
8	Создание программной части	Инженер	23						■						
9	Тестирование и отладка работы системы	Руководитель, инженер	3									▨			
10	Оценка полученных результатов	Руководитель	2									▨			
12	Составление пояснительной записки	Инженер	12										■		

■ - инженер

▨ - руководителя

## 4.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

### 4.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi} \cdot \quad (9)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расxi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования;

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов;

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

В таблице 4.5.1.1 сведены данные о материальных затратах на научное исследование, которые составили 26 789,54 рублей.

Таблица 4.5.1.1 – Материальные затраты НТИ

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.
Монитор iiyama	Шт.	1	18 000	18 000
Клавиатура	Шт.	1	1000	1000
Мышь	Шт.	1	1000	1000
Шаговый двигатель Tower Pro MG90S MicroServo	Шт.	1	400	400
МикроЭВМ Raspberry Pi 3	Шт.	1	5 000	5 000
Светодиод	Шт.	2	9	18
Затраты на транспортировку, 3 %				1 362,54
Итого				26 780,54

## 4.5.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере от 20 до 30 % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{ЗП} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (10)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата от 12 до 20 % от основной.

Основная заработная плата руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (11)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн.

Среднедневная зарплата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (12)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Баланс рабочего времени приведен в таблице 4.5.2.1.

Таблица 4.5.2.1 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52	52
– выходные дни		
– праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
– отпуск	48	48
– невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_{д}) \cdot k_p \quad (13)$$

где  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3;

$k_{д}$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно от 0,2 до 0,5;

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 для Томска.

Расчет основной платы представлен в таблице 4.5.2.2.

Таблица 4.5.2.2 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_p$	$Z_M$ , руб	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	33 664	-	-	1,3	43 763,2	1 813,23	5,2	9 429,11
Инженер	12 663	-	-	1,3	16 461,9	682,09	50,2	34 240,92
Итого:								43 670,03

### 4.5.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (14)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным от 0,12 до 0,15).

Расчет дополнительной заработной платы приведен ниже:

$$Z_{\text{доп Р}} = 0,13 \cdot 9\,429,11 = 1\,225,79$$

$$Z_{\text{доп И}} = 0,13 \cdot 34\,240,92 = 4\,451,32$$

Итого – 5 677,1 рубля.

### 4.5.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (15)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Расчет приведен в таблице 4.5.4.1.

Таблица 4.5.4.1 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений	Отчисления
Руководитель	9 429,11	1 225,79	0,271	2 887,51
Инженер	34 240,92	4 451,32		10 485,66
Итого				13 373,17

Получили, что всего будет перечислено 13 373,17 руб. во внебюджетные фонды.

#### 4.5.5 Прочие прямые затраты

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (16)$$

где  $k_{\text{накл}}$  – коэффициент накладных расходов, 16 %.

Материальные затраты учитываются с учетом количества использованной электроэнергии. Для юридических лиц стоимость 1 кВт\*ч составляет 5,8 рублей. В среднем на работу с компьютером затрачивается 6 часов в день, всего на работу с компьютером затрачивается около 50 дней. Ноутбук с подключенным к нему внешним монитором потребляет в среднем 120 Вт в час (суммарно за все время использования). МикроЭВМ Raspberry потребляет в среднем 40 Вт в час. Следовательно, затраты на электроэнергию составят:

$$Z_{\text{эн}} = (120 + 40) \cdot 6 \cdot 50 \cdot 5,8 = 278,4$$

В итоге величина накладных расходов получается равной:

$$C_{\text{накл}} = 0.16 \cdot (43\,670,03 + 5\,677,1) = 7\,895,54$$

#### 4.5.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Основой для формирования бюджета затрат научно-исследовательского проекта является рассчитанная величина затрат. Данная величина также служит для формирования договора с заказчиком, где служит нижним пределом затрат на разработку проекта.

Определение бюджета затрат приведено в таблице 4.5.6.1.

Таблица 4.5.6.1 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	26 780,54
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	43 670,03
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	5 677,1
4. Отчисление во внебюджетный фонды	13 373,17
5. Расходы на электроэнергию	278,4
6. Накладные расходы	7 895,54
7. Бюджет затрат НТИ	97 674,8

#### 4.6 Расчет ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Интегральный показатель эффективности научного исследования состоит из двух составляющих: интегральный показатель финансовой эффективности и интегральный показатель ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности получается в ходе оценки бюджета затрат двух вариантов исполнения научного исследования. Второй возможный вариант реализации данного проекта предполагает использовать другие методы определения лица при той же комплектации. Бюджет затрат приведен в таблице 4.5.5.1.

Интегральный финансовый показатель эффективности рассчитывается по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (17)$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп } i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{97\,674,8}{97\,674,8} = 1$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения проекта может быть определен по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (18)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения;

$b_i$  – оценка в баллах для  $i$ -го варианта исполнения.

Таблица 4.6.1 применяется для расчета интегрального показателя ресурсоэффективности.

Таблица 4.6.1 – Сравнительная оценка вариантов исполнения

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Качество определения лица	0,4	1	3
2. Потребление электрической энергии	0,1	5	4
3.Требовательность к вычислительным ресурсам	0,2	5	3
4. Надежность конструкции	0,05	4	4
5. Удобство в эксплуатации	0,05	5	5
6. Время отклика	0,2	5	3
Итого	1		

Ниже приведен расчет интегрального показателя ресурсоэффективности вариантов исполнения:

$$I_{p-\text{исп1}} = 0,4 \cdot 1 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,05 \cdot 4 + 0,05 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 = 3,35$$

$$I_{p-\text{исп2}} = 0,4 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,05 \cdot 4 + 0,05 \cdot 5 + 0,1 \cdot 3 = 3,15$$



Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки рассчитывается по следующей формуле:

$$I_{\text{исп1}} = \frac{I_{p-\text{исп1}}}{I_{\text{финр}}}, \quad I_{\text{исп2}} = \frac{I_{p-\text{исп2}}}{I_{\text{финр}}} \text{ и т. д.} \quad (19)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки осуществляется по формуле, представленной ниже:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп1}}}{I_{\text{исп2}}}. \quad (20)$$

Рассчитанные данные сведены в таблицу 4.6.2.

Таблица 4.6.2 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,35	3,25
3	Интегральный показатель эффективности	3,35	3,25
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,03	

На основании данных таблицы 4.6.2 можно сделать вывод о том, что более эффективным является первый вариант исполнения разработки.

## **5 Социальная ответственность**

Представление понятия «Социальная ответственность» сформулировано в международном стандарте (МС) IC CSR-08260008000: 2011 «Социальная ответственность организации».

В соответствии с МС - Социальная ответственность - ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этичное поведение, которое:

- а) содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- б) учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- в) соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность);
- г) интегрировано в деятельность всей организации и применяется во всех ее взаимоотношениях (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность).

### **Введение**

В данной ВКР представлена разработка автоматизированной системы пропускного контроля, позволяющей заносить в базу данных лица работников предприятия и открывать им проход на территорию. В основе работы устройства лежат алгоритмы компьютерного зрения, с помощью которых в реальном времени производится оценка черт лица человека. Аппаратная часть устройства состоит из микроЭВМ «Raspberry Pi 3», портативной камеры для видеозахвата изображения для его последующей обработки, а также два сервопривода для наглядной демонстрации работы устройства и монитор для настройки конечным пользователем. Располагаться устройство будет на КПП предприятия таким образом, чтобы лицо работника попадало объектив камеры. В случае, если, согласно своим алгоритмам, устройство обнаружит

сходство лица человека с одним из находящихся в базе данных, устройство откроет проход, в противном же случае ничего не произойдет.

В текущем разделе указаны основные вредные и опасные факторы рабочей зоны, их анализ и способы защиты от них, аспекты охраны окружающей среды, защиты от чрезвычайных ситуаций, а также правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

## **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

В данном подразделе рассматриваются характерные для проектируемой рабочей зоны правовые нормы трудового законодательства. А также приводятся основные эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны исследователя проектируемой рабочей зоны в производственных условиях для создания комфортной рабочей среды.

### **5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства**

Нормы трудового права – это правила трудовых отношений, установленные или санкционированные государством посредством законодательных актов.

Нормы трудового права регулируют любые отношения, связанные с использованием личного труда.

Правовым актом, регулирующим социально-трудовые отношения работников ФГАОУ НИ ТПУ с работодателем, является коллективный договор.

Основной задачей коллективного договора является создание необходимых организационно-правовых условий для достижения оптимального согласования интересов сторон трудовых отношений.

Работодатель обязуется проводить аттестацию и сертификацию рабочих мест один раз в пять лет с участием представителя профкома.

Если по результатам аттестации рабочее место не соответствует санитарно-гигиеническим требованиям и признано условно аттестованным, разрабатывать совместно с профкомом план мероприятий по улучшению и оздоровлению условий труда на данном рабочем месте и обеспечивать их выполнение.

Ежегодно издавать приказ о мероприятиях по охране труда и промышленной безопасности, считать эти мероприятия соглашением по охране труда на год.

Так как данный проект обязует работников предприятия предоставлять личные фотографии, каждый сотрудник должен подписать договор о согласии на обработку, хранение, изменение персональных данных.

### **5.1.2 Эргономические требования к рабочему месту оператора ПЭВМ**

Проектирование рабочих мест, снабженных видеотерминалами, относится к числу важных проблем эргономического проектирования в области вычислительной техники.

Организация рабочего места программиста или оператора регламентируется следующими нормативными документами:

[ГОСТ 12.2.032-78](#) ССБТ, [ГОСТ 12.2.033-78](#) ССБТ, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 и рядом других.

Эргономическими аспектами проектирования видеотерминальных рабочих мест, в частности, являются: высота рабочей поверхности, размеры пространства для ног, требования к расположению документов на рабочем месте (наличие и размеры подставки для документов, возможность различного размещения документов, расстояние от глаз пользователя до экрана, документа, клавиатуры и т.д.), характеристики рабочего кресла, требования к поверхности рабочего стола, регулируемость элементов рабочего места.

Главными элементами рабочего места программиста или оператора являются стол и кресло. Основное рабочее положение – положение сидя.

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще, расположено в зоне легкой досягаемости рабочего пространства.

Моторное поле – пространство рабочего места, в котором могут осуществляться двигательные действия человека.

Максимальная зона досягаемости рук – часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми максимально вытянутыми руками при движении их в плечевом суставе [14].

Оптимальная зона – часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми предплечьями при движении в локтевых суставах с опорой в точке локтя и с относительно неподвижным плечом в соответствии с рисунком 5.1.2.1.

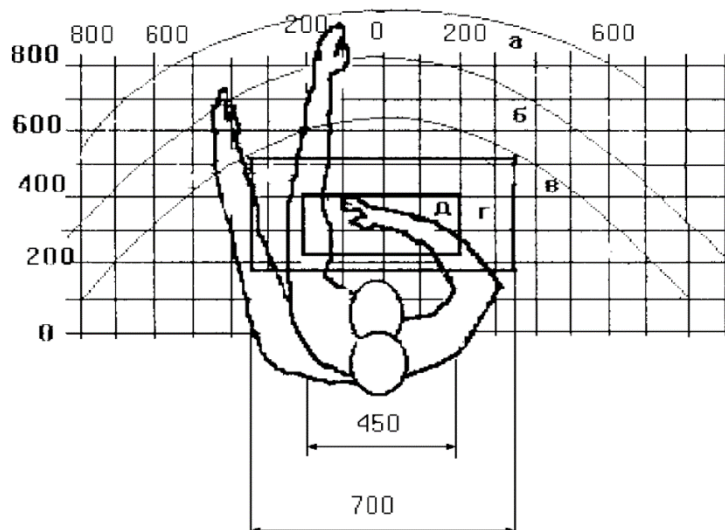


Рисунок 5.1.2.1 - Зоны досягаемости рук: а) зона максимальной досягаемости; б) зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в) зона легкой досягаемости ладони; г) оптимальное пространство для грубой ручной работы; д) оптимальное пространство для тонкой ручной работы

Кресло следует устанавливать на такой высоте, чтобы не чувствовалось давления на копчик (это может быть при низком расположении кресла) или на бедра (при слишком высоком) [15].

Работающий за ПЭВМ должен сидеть прямо, опираясь в области нижнего края лопаток на спинку кресла, не сутулясь, с небольшим наклоном головы вперед до  $7^\circ$ . Предплечья должны опираться на поверхность стола, снимая тем самым статическое напряжение плечевого пояса и рук.

Положение экрана определяется:

- а) расстоянием считывания;
- б) углом считывания, направлением взгляда на  $20^\circ$  ниже горизонтали к центру экрана, причем экран перпендикулярен этому направлению.

Причина неправильной позы пользователей обусловлена следующими факторами:

- а) нет хорошей подставки для документов;
- б) клавиатура находится слишком высоко, а документы – низко;
- в) некуда положить руки и кисти;
- г) недостаточно пространство для ног.

Создание благоприятных условий труда и правильное эстетическое оформление рабочих мест на производстве имеет большое значение как для облегчения труда, так и для повышения его привлекательности, положительно влияющей на производительность труда.

## **5.2 Производственная безопасность**

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении исследований в лаборатории, при разработке или эксплуатации проектируемого решения.

Для идентификации потенциальных факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов,

характерных для проектируемой производственной среды представлен в таблице 5.2.1.

Таблица 5.2.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Вид работы			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Движущиеся твердые объекты (двери)	+	+	+	1. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. 2. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 "Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки". 3. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. 4. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 "Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий". 5. ГОСТ 12.1.030-81 (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление. 6. ГОСТ 12.1.006-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
2. Повышенный уровень шума на рабочем месте		+	+	
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	
4. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	
5. Электромагнитные излучения	+	+	+	
6. Психофизиологические факторы		+	+	
7. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	

Далее проведен анализ опасных и вредных производственных факторов, а также обоснование мероприятий по снижению уровней их воздействия на исследователя (работающего).

### 5.2.1 Движущиеся твердые объекты (двери)

Автоматические двери могут навредить человеку, если не предусмотреть систему остановки при контакте с дверью.

- а) Основные последствия механических опасностей:
- б) защемление или раздавливание;
- в) порезы;
- г) отрезание или разрубание;
- д) захват или наматывание;
- е) затягивание или задерживание;
- ж) попадание под удар;
- з) местный укол или полное прокалывание;
- и) поверхностное повреждение наружных тканей под действием трения;

К средствам защиты работающих от механического травмирования (физического опасного фактора) относятся:

- а) ограждения (кожухи, козырьки, экраны, щиты, барьеры и т. д.);
- б) предохранительные – блокировочные устройства (механические, электрические, электронные, пневматические и т. д.);
- в) тормозные устройства (рабочие, стояночные, экстренного торможения);
- г) сигнальные устройства (звуковые, световые), которые могут встраиваться в оборудование или быть составными элементами;
- д) сигнальные цвета и сигнальная разметка, знаки производственной безопасности.

Сигнализация является одним из звеньев непосредственной связи между машиной и человеком. Она способствует облегчению труда, рациональной организации рабочего места и безопасности работы. Сигнализация может быть звуковая, световая, цветовая и знаковая. Сигнализация должна быть расположена и выполнена так, чтобы сигналы, предупреждающие об



опасности, были хорошо различимы и слышны в производственной обстановке всеми лицами, которым может угрожать опасность.

В данной системе предусмотрено сигнальное устройство. Дверь открывается на длительный промежуток времени, чтобы пользователь мог спокойно пройти. Проходить можно только во время горения зелёного светодиода. В случае, если горит красный, проходить нельзя, даже если двери открыты.

ГОСТ Р 12.4.026-2001 «ССБТ. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная» устанавливает термины с соответствующими определениями, для правильного понимания их назначения, правила применения и характеристики знаков безопасности, сигнальных цветов и сигнальной разметки.

### 5.2.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте

В производственных условиях имеют место шумы различной интенсивности и частотного спектра, которые генерируются источниками шумов.

Для исследуемого объекта (производство и пункт управления) основными источниками шумов являются производственное оборудование (внешние источники) и оборудование поста управления (внутренние источники).

ПДУ шума для объектов типа поста управления нормируются ГОСТ 12.1.003-83 и СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Значения ПДУ согласно этим документам представлены в таблице 5.2.2.1 (для постоянных шумов).

Таблица 5.2.2.1 – Нормированные значения уровня звукового давления

Рабочие места	Уровни звукового давления (ДБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука, дБА
	663	1125	2250	5500	11000	22000	44000	88000	
ПУ	983	974	868	863	860	778	755	754	65

Для оценки соблюдения ПДУ шума необходим производственный контроль (измерения и оценка). В случае превышения уровней необходимы организационно-технические мероприятия по защите от действия шума (защита временем, расстоянием, экранирование источника, либо рабочей зоны, замена оборудования, использование СИЗ).

### **5.2.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны**

Освещение рабочего места – важнейший фактор создания нормальных условий труда. Освещению следует уделять особое внимание, так как при работе наибольшее напряжение получают глаза.

Освещение делится на естественное, искусственное и совмещенное. Совмещенное сочетает оба вида освещения.

На посту управления, где расположено рабочее место оператора, используется совмещенное освещение.

Для определения приемлемого уровня освещенности в помещении необходимо определить требуемый для операторов уровень освещенности внешними источниками света.

Рекомендуемые соотношения яркостей в поле зрения, следующие:

- а) между рабочими поверхностями не больше (1:3 - 1:5);
- б) между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования 1:10.

Освещённость на рабочем месте должна соответствовать характеру зрительной работы, который определяется наименьшим размером объекта различения, контрастом объекта с фоном и характеристикой фона.

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть от 300 до 500 лк (СНиП 23-05-95, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03). Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк. Следует ограничивать прямую блескость от источников освещения, при этом

яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м<sup>2</sup>. Показатель ослепленности для источников общего искусственного освещения в производственных помещениях должен быть не более 20.

#### 5.2.4 Отклонение показателей микроклимата

Значимым физическим фактором является микроклимат рабочей зоны (температура, влажность и скорость движения воздуха).

Температура, относительная влажность и скорость движения воздуха влияют на теплообмен и необходимо учитывать их комплексное воздействие. Нарушение теплообмена вызывает тепловую гипертермию, или перегрев.

Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха производственных помещений для работ, производимых сидя и не требующих систематического физического напряжения (категория Ia), приведены в таблице 5.2.4.1, в соответствии с СанПиНом 2.2.2/2.4.1340-03 и СанПиН 2.2.4.548-96.

Таблица 5.2.4.1 – Нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха

Период года	Категория работы	Температура, С	Относительная влаж. воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более м/с
Холодный	Ia	(22 – 24)	(40 – 60)	0,1
Теплый	Ia	(23 – 25)	(40 – 60)	0,1

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах представлены в таблице 5.2.4.2.

Таблица 5.2.4.2 – Допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Категория работы	Температура воздуха, °С	Относительная влаж. воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более м/с
Холодный	Ia	(20 – 25)	(15 – 75)	0,1
Теплый	Ia	(21 – 28)	(15 – 75)	(0,1 – 0,2)

Для обеспечения установленных норм микроклиматических параметров и чистоты воздуха на рабочих местах и в помещениях применяют вентиляцию. Общеобменная вентиляция используется для обеспечения в помещениях соответствующего микроклимата. Периодически должен вестись контроль влажностью воздуха. В летнее время при высокой уличной температуре должны использоваться системы кондиционирования.

### 5.2.5 Электромагнитные излучения

Электромагнитным излучением называется излучение, прямо или косвенно вызывающее ионизацию среды. Контакт с электромагнитными излучениями представляет серьезную опасность для человека, по сравнению с другими вредными производственными факторами (повышенное зрительное напряжение, психологическая перегрузка, сохранение длительное время неизменной рабочей позы).

Нормы электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ приведены в таблице 5.2.5.1 в соответствии с СанПиНом 2.2.2/2.4.1340-03.

Таблица 5.2.5.1 – Временные допустимые ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	В диапазоне частот (5 – 2000) Гц	25 В/м
	В диапазоне частот (2 – 400) кГц	2,5 В/м

Продолжение таблицы 5.2.5.1 – Временные допустимые ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Плотность магнитного потока	В диапазоне частот (5 – 2000) Гц	250 нТл
	В диапазоне частот (2 – 400) кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Для оценки соблюдения уровней необходим производственный контроль (измерения). В случае превышения уровней необходимы организационно-технические мероприятия (защита временем, расстоянием, экранирование источника, либо рабочей зоны, замена оборудования, использование СИЗ).

### 5.2.6 Психофизиологические факторы

Наиболее эффективные средства предупреждения утомления при работе на производстве – это средства, нормализующие активную трудовую деятельность человека. На фоне нормального протекания производственных процессов одним из важных физиологических мероприятий против утомления является правильный режим труда и отдыха (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03).

Существуют следующие меры по снижению влияния монотонности:

- а) необходимо применять оптимальные режимы труда и отдыха в течение рабочего дня;
- б) соблюдать эстетичность производства.

Для уменьшения физических нагрузок организма во время работы рекомендуется использовать специальную мебель с возможностью регулировки под конкретные антропометрические данные, например, эргономичное кресло.

### **5.2.7 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека**

Согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ), помещение, в котором производилась разработка системы по опасности электропоражения относится к помещениям без повышенной опасности. Однако условия эксплуатации данного устройства могут быть разными и представлять угрозу жизни человека, если не следовать мероприятиям по защите.

Основными мероприятиями по защите от электропоражения являются:

- а) обеспечение недоступности токоведущих частей путем использования изоляции в корпусах оборудования;
- б) применение средств коллективной защиты от поражения электрическим током;
- в) защитного заземления;
- г) защитного отключения;
- д) использование устройств бесперебойного питания.

Технические способы и средства применяют отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита.

Контроль выполнения требований электробезопасности должен проходить на следующих этапах:

- а) проектирование;
- б) реализация;
- в) эксплуатация.

### **5.3 Экологическая безопасность**

В результате выполнения ВКР было разработано устройство, которое функционирует на основе микрокомпьютера. Рассмотрим влияние микрокомпьютера на окружающую среду.

Одноплатные микрокомпьютеры Raspberry Pi 3 спроектированы для использования в стационарных, защищенных от внешних воздействий условиях. Условия эксплуатации превосходят требования DIN IEC 60721-3-3.

- а) класс 3М3 (механические требования)
- б) класс 3К3 (климатические требования)

Микрокомпьютеры Raspberry, а также сервоприводы и их компоненты соответствуют требованиям стандартов ГОСТ Р МЭК 60950-2002, ГОСТ 26329-84 (п. п. 1.2; 1.3), ГОСТ Р 51318.22-99, ГОСТ 51318.24-99, ГОСТ Р 51317.3.2-99, ГОСТ Р 51317.3.3-99. Основное влияние на окружающую среду заключается в образовании и поступлении твердых отходов в виде отработанных двигателей, ПК, их компонентов и содержащихся в них вредных веществ.

Снижение загрязнения возможно за счет совершенствования оборудования, производящего электроэнергию, применения более экономичных и результативных технологий, использования новых методов получения электроэнергии и внедрения современных методов и способов очистки и обезвреживания отходов производства.

Одноплатные микрокомпьютеры фирмы Raspberry Pi, как и шаговые двигатели, могут утилизироваться, так как не содержат токсических материалов. Для безопасной с точки зрения охраны окружающей среды утилизации и удаления старых устройств необходимо обратиться к производителям этих микрокомпьютеров и сервоприводов, имеющих сертификат на утилизацию и удаления лома электронного оборудования.

#### **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

На объекте возможные следующие ЧС:

- а) короткое замыкание;
- б) пожар.

Наиболее типичной ЧС для данного объекта является короткое замыкание. Данная система является электронным устройством, работающим от постоянного напряжения. Для данного устройства вероятна ситуация

короткого замыкания, а также перегревания. Для предупреждения ЧС на объекте приняты следующие меры:

- а) защитное заземление;
- б) изоляция контактов;
- в) регулярная проверка целостности контактов и дорожек на плате.

Для повышения устойчивости объекта к данной ЧС используется внешний стабилизатор напряжения.

В случае возникновения на объекте ЧС будут произведены следующие действия:

- а) немедленное аварийное отключение устройства;
- б) обесточивание всей лаборатории во избежание короткого замыкания.

В этом разделе наиболее актуальным будет рассмотрение вида ЧС - пожар, определение категории помещения по пожаровзрывобезопасности в котором происходит управление технологическим процессом.

Рабочее место оператора поста управления, должно соответствовать требованиям ФЗ Технический регламент по ПБ и норм пожарной безопасности (НПБ 105-03) и удовлетворять требованиям по предотвращению и тушению пожара по ГОСТ 12.1.004-91 и СНиП 21-01-97.

Основным поражающим фактором пожара для помещений данной категории является наличие открытого огня и отравление ядовитыми продуктами сгорания оборудования.

Пожар в помещении может возникнуть вследствие причин неэлектрического и электрического характера.

К причинам неэлектрического характера относятся халатное и неосторожное обращение с огнем (курение, оставление без присмотра нагревательных приборов).

К причинам электрического характера относятся:

- а) короткое замыкание;
- б) перегрузка проводов;



- в) большое переходное сопротивление;
- г) искрение;
- д) статическое электричество.

Режим короткого замыкания – появление в результате резкого возрастания силы тока, электрических искр, частиц расплавленного металла, электрической дуги, открытого огня, воспламенившейся изоляции.

Причины возникновения короткого замыкания:

- а) ошибки при проектировании.
- б) старение изоляции.
- в) увлажнение изоляции.

Пожарная опасность при перегрузках – чрезмерное нагревание отдельных элементов, которое может происходить при ошибках проектирования в случае длительного прохождения тока, превышающего номинальное значение.

Пожарная опасность переходных сопротивлений – возможность воспламенения изоляции или других близлежащих горючих материалов от тепла, возникающего в месте аварийного сопротивления (в переходных клеммах, переключателях и др.).

Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Должны быть приняты следующие меры противопожарной безопасности:

- а) обеспечение эффективного удаления дыма, т.к. в помещениях, имеющих оргтехнику, содержится большое количество пластиковых веществ, выделяющих при горении летучие ядовитые вещества и едкий дым;
- б) обеспечение правильных путей эвакуации;
- в) наличие огнетушителей и пожарной сигнализации.

Для тушения пожаров на участке производства необходимо применять углекислотные (ОУ-5 или ОУ-10) и порошковые огнетушители (например, типа ОП-10), которые обладают высокой скоростью тушения, большим временем действия, возможностью тушения электроустановок, высокой эффективностью борьбы с огнем.

Помещение оборудовано пожарными извещателями, которые позволяют оповестить дежурный персонал о пожаре. В качестве пожарных извещателей в помещении устанавливаются дымовые фотоэлектрические извещатели типа ИДФ-1 или ДИП-1.

Выведение людей из зоны пожара должно производиться по плану эвакуации. План эвакуации представляет собой заранее разработанный план (схему), в которой указаны пути эвакуации, эвакуационные и аварийные выходы, установлены правила поведения людей, порядок и последовательность действий в условиях чрезвычайной ситуации по п. 3.14 ГОСТ Р 12.2.143-2002.

Согласно Правилам пожарной безопасности, в Российской Федерации ППБ 01-2003 (п. 16) в зданиях и сооружениях (кроме жилых домов) при одновременном нахождении на этаже более 10 человек должны быть разработаны и на видных местах вывешены планы (схемы) эвакуации людей в случае пожара.

### **Вывод по разделу**

При выполнении раздела социальной безопасности были проанализированы и выявлены основные вредные и опасные факторы, которые могут возникать в процессе разработки и эксплуатации системы, такие как: движущиеся твердые объекты, повышенный уровень шума на рабочем месте, недостаточная освещенность рабочей зоны, отклонение показателей микроклимата, наличие электромагнитных полей радиочастотного диапазона, психофизиологические факторы, повышенное

значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека. Были описаны меры минимизации уровней воздействия данных факторов.

С точки зрения экологической безопасности было выявлено, что объект исследования не оказывает влияния на атмосферу и гидросферу, однако, при неправильной утилизации компонентов системы возможно оказание вредного воздействия на литосферу. Для предотвращения загрязнения среды были предложены мероприятия по утилизации отходов, а также способы их утилизации.

Произведен анализ возможных чрезвычайных ситуаций, возникновение которых наиболее вероятно при разработке и эксплуатации системы. Были разработаны превентивные меры по предупреждению возникновения чрезвычайных ситуаций, а также разработан порядок действий при возникновении чрезвычайных ситуаций.

## Заключение

В результате выполнения данной работы была разработана автоматизированная система пропускного контроля на базе машинного зрения. В опытном образце реализован базовый функционал, позволяющий определять человеческие лица на фотографии и сообщать об их соответствии с имеющимися людьми в базе данных, на основе портативной аппаратно-вычислительной платформы Raspberry Pi 3.

В ходе работы был проведен сравнительный анализ потенциально подходящих для прототипирования платформ, среди популярных микроЭВМ и микроконтроллеров. По результатам сравнения платформ по объему ОЗУ, тактовой частоте центрального процессора, габаритам и стоимости была выбрана платформа Raspberry Pi 3.

Кроме того, была произведена разработка программного обеспечения на основе библиотек компьютерного зрения с использованием языка Python. Ключевым методом детектирования лица и глаз стал алгоритм Виолы-Джонса, реализованный на основе классификационных каскадов Хаара. В качестве непосредственно метода оценки соответствия человеческого лица был выбран метод гистограмм локальных бинарных шаблонов.

В ходе выполнения работы были получен опыт работы с языком программирования Python, работой с компьютерным зрением и библиотеками OpenCV на операционной системе Windows и Debian, а также усвоены базовые навыки работы с машинным обучением. Был изучен математический аппарат используемых методов.

## **Conclusion**

As a result of this work, an automated pass control system based on machine vision was developed. The prototype implements the basic functionality that allows you to identify human faces in a photo and report their compliance with the existing people in the database, based on the Raspberry Pi 3 portable hardware and computing platform.

During the work, a comparative analysis of potentially suitable platforms for prototyping among popular microcomputers and microcontrollers was carried out. According to the comparison of platforms in terms of RAM, CPU clock frequency, size and cost, the Raspberry Pi 3 platform was chosen.

In addition, software was developed based on computer vision libraries using the Python language. The Viola-Jones algorithm, implemented based on the Haar classification cascades, became a key method for detecting faces and eyes. The method of local binary pattern histograms was chosen as the method for assessing the conformity of a human face.

During the work, experience in working with the Python programming language, working with computer vision and OpenCV libraries on the Windows and Debian operating systems was obtained, and basic skills of working with machine learning were learned. The mathematical methods used in this work also were studied.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. J. Sachs, «Digital Image Basics,» 2003.
2. J. P. B. M. Howse J., OpenCV: Computer Vision Projects with Python, Packt Publishing, 2016 г.
3. B. W. Chung, Pro Processing for Images and Computer Vision with OpenCV, Apress Media, 2017 г.
4. T. Oliphant, «NumPy» Community project, [Электронный источник]/URL: <https://www.numpy.org/>. – Дата обращения: 05.2019 г.
5. J. Guo, C. Loong-Fah и T. Robby, «Consistent Foreground Co-segmentation» National University of Singapore, Singapore, 2012 г.
6. O. H. Jensen, «Implementing the Viola-Jones» Technical University of Denmark, Kongens Lyngby, 2008 г.
7. S. Riley, Режиссер, Detecting Faces (Viola Jones Algorithm). [Фильм]. США: Computerphile, 2018 г.
8. M. J. Paul Viola, «ACCEPTED CONFERENCE ON COMPUTER VISION AND PATTERN RECOGNITION» в Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple, Cambridge, 2001 г.
9. Rosebrock, Practical Python and OpenCV: An Introductory, Example Driven Guide to Image Processing and Computer Vision, PyImageSearch, 2016 г.
10. J. P. Garrido G., OpenCV 3.x with Python by Example - Second Edition, Packt Publishing Ltd., 2018 г.
11. David, "Comparison of 116 Open Spec, Hacker Friendly Single Board Computers," June 2018 г. [Электронный источник] / URL: <http://linuxgizmos.com/>. – Дата обращения: 05.2019 г.
12. Ferrari и G. Lisanti, «International Conference on 3D Vision» в Dictionary Learning based 3D Morphable Model Construction for Face Recognition with Varying Expression and Pose, Florence, Italy, 2015 г.
13. Intel Corporation, Willow Garage, Itseez, «Face Recognition with OpenCV» [Электронный ресурс]. / URL: <https://docs.opencv.org/3.4.0/>. – Дата обращения: 05.2019 г.

- 14.С.В. Белов. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность). / учебник. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт; ИД Юрайт, 2011 г. – 680 с.
- 15.Требования к организации и оборудованию рабочих мест с ПЭВМ. [Электронный ресурс]. / URL: <http://an-site.ru/dk/adpz18.htm/>. – Дата обращения: 05.2019 г.
- 16.Аэроионный состав воздуха в производственных помещениях. [Электронный ресурс]. / URL: [http://studme.org/12920522/bzhd/aeroionnyu\\_sostav\\_vozduha\\_proizvodstvennyh\\_pomescheniyah/](http://studme.org/12920522/bzhd/aeroionnyu_sostav_vozduha_proizvodstvennyh_pomescheniyah/). – Дата обращения: 05.2019 г.
- 17.ГОСТ 12.0.003-74. Классификация производственных факторов. – М.: Госстандарт РФ, 1999 г.
- 18.ГОСТ 12.1.003–83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
- 19.Электрически заряженные частицы воздуха – аэроионы. [Электронный ресурс]. / URL: [http://ohrana-bgd.narod.ru/jdtrans/jdtrans\\_088.html/](http://ohrana-bgd.narod.ru/jdtrans/jdtrans_088.html/). – Дата обращения: 05.2019 г.
- 20.ГОСТ 30403-96. Конструкции строительные. Метод определения пожарной опасности. – М.: Минстрой РФ, 1996 г.
- 21.СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
- 22.СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. [Электронный ресурс]. / URL: <http://base.garant.ru/2306278/>. – Дата обращения 05.2019 г.
- 23.СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003 г.
- 24.Производственное освещение. Нормирование естественного освещения. [Электронный ресурс]. / URL: <http://ohrana-bgd.narod.ru/>. – Дата обращения: 05.2019 г.

25. Лекция по БЖД на производстве – 2.3 Защита от вибраций [Электронный ресурс]. / URL: <http://www.mylect.ru/bgd/bgd/205-bjdproizvodstvo.html?start=18/>. – Дата обращения: 05.2019 г.
26. Ионизирующее излучение. [Электронный ресурс]. / URL: <http://ohrana-bgd.narod.ru/>. – Дата обращения 05.2019 г.
27. НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. – М.: Министерство ГО и ЧС, 2003 г.
28. Первая помощь при ожогах. [Электронный ресурс]. / URL: <http://www.medicus.ru/first-aid/patient/master-klass-pervaya-pomosch-pri-ozhogah-27883.html/>. – Дата обращения: 05.2019 г.
29. Определение (расчет) категории помещений и класса зоны. [Электронный ресурс]. / URL: <http://www.pozhcentr39.ru/kategorii-pomeshhenij/>. – Дата обращения: 05.2019 г.
30. Справочная книга для проектирования электрического освещения. // Под ред. Г.Б. Кнорринга. – Л.: Энергия, 1976 г.
31. Рабочее место программиста (раздел диплома по БЖД). [Электронный ресурс]. / URL: <http://www.topreferat.ru/s12/i31073.html/>. – Дата обращения: 05.2019 г.
32. Федеральный классификационный каталог отходов. [Электронный ресурс]. / URL: <http://www.ecoguild.ru/faq/fedwastecatalog.html/>. – Дата обращения: 05.2019 г.
33. Утилизация компьютеров и оргтехники. [Электронный ресурс]. / URL: <http://bibliofond.ru/view.aspx?id=485112>. – Дата обращения: 05.2019 г.



## Приложение А

(обязательное)

### Листинг настройки ОС Raspbian перед работой

```
1. # Обновление системы
2. $ sudo apt-get update && sudo apt-get upgrade
3. # Установка необходимых инструментов
4. $ sudo apt-get install build-essential cmake pkg-config
5. # Установка Вход-Выходных пакетов, необходимых для записи
6. # и использования форматов JPEG, PNG, и др.
7. $ sudo apt-get install libjpeg-dev libtiff5-dev libjasper-dev libpng12-dev
8. # Установка Вход-Выходных пакетов для обработки видео
9. $ sudo apt-get install libavcodec-dev libavformat-dev libswscale-dev libv4l-dev
10. $ sudo apt-get install libxvidcore-dev libx264-dev
11. # Установка OpenCV модуля highgui, необходимого для вывод изображений на экран
12. $ sudo apt-get install libgtk2.0-dev libgtk-3-dev
13. # Установка библиотек ATLAS для оптимизации матричных операций внутри OpenCV
14. $ sudo apt-get install libatlas-base-dev gfortran
15. # Установка Python 3 заголовочного файла для компиляции программ, использующих
16. # OpenCV на языке Python
17. $ sudo apt-get install python3-dev
18. # Скачивание и распаковка OpenCV исходного кода
19. $ cd ~
20. $ wget -O opencv.zip https://github.com/Itseez/opencv/archive/3.3.0.zip
21. $ unzip opencv.zip
22. # Установка pip - менеджер пакетов языка Python
23. $ wget https://bootstrap.pypa.io/get-pip.py
24. $ sudo python get-pip.py
25. $ sudo python3 get-pip.py
26. # Установка виртуальной среды Python
27. # // Виртуальная среда используется в языке Python для
28. # // создания изолированной среды для проектов.
29. # // Это значит, что все проекты могут иметь
30. # // собственные зависимости, не нарушая строение зависимостей других
31. # // проектов.
32. $ sudo pip install virtualenv virtualenvwrapper
33. $ sudo rm -rf ~/.cache/pip
34. # Создание виртуальной среды
35. $ mkvirtualenv cv -p python3
36. # Установка библиотеки Numpy
37. $ pip install numpy
38. # Использование ранее созданной среды CV
39. $ workon cv
40. # Настройка сборки с помощью CMake
41. $ cd ~/opencv-3.3.0/
42. $ mkdir build
43. $ cd build
44. $ cmake -D CMAKE_BUILD_TYPE=RELEASE \
45.     -D CMAKE_INSTALL_PREFIX=/usr/local \
46.     -D INSTALL_PYTHON_EXAMPLES=ON \
47.     -D OPENCV_EXTRA_MODULES_PATH=~/.opencv_contrib-3.3.0/modules \
48.     -D BUILD_EXAMPLES=ON ..
49. # Компиляция OpenCV
50. $ make -j4
```

## Приложение Б

(обязательное)

### Листинг программы получения изображений

```
1. # 01_face_dataset.py
2. # Импорт необходимых библиотек
3. import cv2
4. import numpy as np
5. import imutils
6. import time
7. # Данный класс используется для выхода из цикла
8. class again(Exception):
9.     pass
10. cam = cv2.VideoCapture(0) # Создание экземпляра класса для видео
11. cam.set(3, 640) # Задание ширины видео
12. cam.set(4, 480) # Задание высоты видео
13. # Присваивание стандартных каскадов Хаара для лица, правого и левого глаз
14. faceCascade = cv2.CascadeClassifier('haarcascade_frontalface_default.xml')
15. rightEyeCascade = cv2.CascadeClassifier('haarcascade_righteye_2splits.xml')
16. leftEyeCascade = cv2.CascadeClassifier('haarcascade_lefteye_2splits.xml')
17. # При старте программы необходимо ввести его ID
18. face_id = input('\n Введите порядковый ID пользователя и нажмите <return> ==> ')
19. print("\n [INFO] Инициализация камеры, пожалуйста, смотрите в объектив камеры и ждите ..."
20. )
21. count = 0 # Переменная для подсчета количества зафиксированных фотографий лица
22. while(True):
23.     # Захват, декодирование и возвращение следующего кадра видео в переменную img
24.     ret, img = cam.read()
25.     # Конвертация изображения в черно-белый вид в переменную gray
26.     gray = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
27.     # Поиск лиц разного размера на изображении gray.
28.     # Переменная faces - это массив координат прямоугольников, где были обнаружены лица
29.     faces = faceCascade.detectMultiScale(gray, 1.3, 5)
30.     # Показать изображение схваченное камерой
31.     cv2.imshow('White', img)
32.     try:
33.         # Небольшая задержка
34.         time.sleep(0.2)
35.         for (x,y,w,h) in faces:
36.             # Необходимость обнаружения только 1 лица на фотографии
37.             if (faces.size > 5):
38.                 raise again
39.             # В переменные заносятся изображения с координатами лица
40.             # Для roi_gray, координаты выходят за рамки для дальнейшего аффинного преобраз
41.             oвания
42.             roi_gray = gray[y-30:y+h+30, x-30:x+w+30]
43.             roi_color = img[y:y+h, x:x+w]
44.             # Поиск правого глаза в области, где уже обнаружено лицо
45.             rightEye = rightEyeCascade.detectMultiScale(gray[y:y+int(h/2), x:x+int(w/2)],
46.                 scaleFactor=1.2, minNeighbors=5)
47.             for (rx,ry,rw,rh) in rightEye:
48.                 # Для избежания ложного срабатывания также необходимо наличие 1 правого гла
49.                 аза
50.                 if rightEye.size != 4:
51.                     raise again
52.                 # Поиск левого глаза
53.                 leftEye = leftEyeCascade.detectMultiScale(gray[y:y+int(h/2), x+int(w/2):x+
54.                 w], scaleFactor=1.2, minNeighbors=5)
55.                 for (lx,ly,lw,lh) in leftEye:
56.                     if leftEye.size != 4:
57.                         raise again
58.                     # Вычисление угла между глазами
59.                     eyeXdis = (lx+w/2 + lw/2) - (rx + rw/2)
```

```

55.         eyeYdis = (ly+lh*0.666) - (ry + rh*0.666)
56.         angle  = np.arctan(eyeYdis/eyeXdis)
57.         degree  = angle*180/np.pi
58.         # Создание прямоугольников для удобства
59.         cv2.rectangle(img, (x,y), (x+w,y+h), (255,0,0), 2)
60.         cv2.rectangle(roi_color, (rx,ry), (rx+rw,ry+rh), (0,255,255), 2)
61.         cv2.rectangle(roi_color, (lx+int(w/2),ly), (lx+int(w/2)+lw,ly+lh), (0,255
,0), 2)
62.         # Вращение изображения путём аффинного преобразования
63.         rotated = imutils.rotate_bound(roi_gray, (-1)*degree)
64.         # Поиск лица в перевернутой области
65.         newfaces = faceCascade.detectMultiScale(
66.             rotated,
67.             scaleFactor=1.2,
68.             minNeighbors=5,
69.             minSize=(50, 50)
70.         )
71.         for (nx,ny,nw,nh) in newfaces:
72.             count += 1
73.             # Сохранение правильного перевернутого изображения
74.             cv2.imwrite("dataset/User." + str(face_id) + '.' + str(count) + ".
jpg", rotated[nx:ny+nh,nx:nx+nw])
75.             cv2.rectangle(rotated, (nx,ny), (nx+nw,ny+nh), (255,0,0), 2)
76.             cv2.imshow('Rotated to save', rotated)
77.             cv2.imshow('Video', img)
78.         except again:
79.             print("Some miss")
80.         k = cv2.waitKey(100) & 0xff # Для выхода из программы необходимо нажать "Esc"
81.         if k == 27:
82.             break
83.         elif count >= 30: # Снятие 30 фотографий
84.             break
85.     print("\n [INFO] Выход из программы")
86.     cam.release()
87.     cv2.destroyAllWindows()

```

## Приложение В

(обязательное)

### Листинг программы обучения

```
1. # 02_face_train.py
2. import cv2
3. import numpy as np
4. from PIL import Image
5. import os
6. import time
7. # Путь к фотографиям
8. path = 'dataset'
9. # Установка метода для обучения и распознавания лиц
10. recognizer = cv2.face.LBPHFaceRecognizer_create()
11. # Функция для получения путей к каждой фотографии и ID, к которым они принадлежат
12. def getImagesAndLabels(path):
13.     #os.path - вложенный модуль для работы с путями
14.     #os.path.join(path1[, path2[, ...]]) - соединяет пути с учётом особенностей операционн
        ой системы
15.     #os.listdir(path=".") - список файлов и директорий в папке
16.     #Списко выглядит : (dataset + 1.1)
17.     #                     (dataset + 1.2)
18.     imagePath = [os.path.join(path,f) for f in os.listdir(path)]
19.     faceSamples=[]
20.     ids = []
21.     # набор путей для файлов типа /dataset/user1.1 , /dataset/user1.2 , /dataset/user2.1
22.     for imagePath in imagePath:
23.         PIL_img = Image.open(imagePath)
24.         #uint8 тип переменной [0, 255]
25.         img_numpy = np.array(PIL_img,'uint8')
26.         # [os.path.split] -> это лист как (dataset, user.2.1.jpg)
27.         # [1] означает второй элемент из списка
28.         # [os.path.split[1] -> это строковая переменная, которую можно разделить
29.         #     User. 3. 24. jpg
30.         #     [0]  [1] [2]  [3]
31.         id = int(os.path.split(imagePath)[-1].split(".")[1])
32.         faceSamples.append(img_numpy)
33.         ids.append(id)
34.     return faceSamples,ids
35. print ("\n [INFO] Тренировка лиц, подождите...")
36. faces,ids = getImagesAndLabels(path)
37. recognizer.train(faces, np.array(ids))
38. # Сохранение модели
39. recognizer.write('trainer/trainer.yml')
40. print("\n [INFO] {0} лиц обучено. Выход из программы".format(len(np.unique(ids))))
```

## Приложение Г

(обязательное)

### Листинг работы программы идентификации

```
1. # 03_face_recognition.py
2. import cv2
3. import numpy as np
4. import time
5. import os
6. import RPi.GPIO as GPIO
7. import time
8. import threading
9. import imutils
10. class again(Exception):
11.     pass
12.
13. # Необходимые переменный для правильности работы цикла
14. end = 0
15. start = 0
16. Permission = 1
17. # Задание выходов микрокомпьютера для выхода
18. servoPIN = 17
19. ledGreen = 18
20. ledRed = 27
21. # Задание Broadcom SOC channel
22. GPIO.setmode(GPIO.BCM)
23. GPIO.setup(servoPIN, GPIO.OUT)
24. GPIO.setup(ledGreen, GPIO.OUT)
25. GPIO.setup(ledRed, GPIO.OUT)
26. # Включение красного светодиода
27. GPIO.output(ledGreen,GPIO.LOW)
28. GPIO.output(ledRed,GPIO.HIGH)
29. p = GPIO.PWM(servoPIN, 50) # GPIO 17 Для ШИМ 50 Гц
30. # Установка сервопривода в исходное положение "Дверь закрыта"
31. p.start(2.5)
32. time.sleep(0.5)
33. p.stop()
34. # Функция открытия двери, также Вкл. выкл. светодиодов
35. def opendoor():
36.     p = GPIO.PWM(servoPIN, 50)
37.     # Включение зелёного светодиода "Можно проходить"
38.     GPIO.output(ledGreen,GPIO.HIGH)
39.     GPIO.output(ledRed,GPIO.LOW)
40.     p.start(2.5)
41.     x=2.5
42.     # Плавный поворот двигателя на 90 градусов
43.     while x < 12.5:
44.         x=x+0.15
45.         time.sleep(0.015)
46.         p.ChangeDutyCycle(x)
47.     p.stop()
48.     time.sleep(5)
49.     # После 7 секунд включить красный
50.     GPIO.output(ledGreen,GPIO.LOW)
51.     GPIO.output(ledRed,GPIO.HIGH)
52.     time.sleep(2.8)
53.     # Закрытие двери после 10 секунд от нахождения лица
54.     closedoor()
55.     return 0
56.
57. # функция закрытия двери
58. def closedoor():
59.     p = GPIO.PWM(servoPIN, 50) # GPIO 17 for PWM with 50Hz
```

```

60.     x = 12.5
61.     p.start(2.5)
62.     while x > 2.5:
63.         x = x - 0.15
64.         time.sleep(0.015)
65.         p.ChangeDutyCycle(x)
66.     p.stop()
67.     return 0
68. # Чтение файла, где находятся гистограммы
69. recognizer = cv2.face.LBPHFaceRecognizer_create()
70. recognizer.read('trainer/trainer.yml')
71. cascadePath = "haarcascade_frontalface_default.xml"
72. faceCascade = cv2.CascadeClassifier(cascadePath);
73. rightEyeCascade = cv2.CascadeClassifier('haarcascade_righteye_2splits.xml')
74. leftEyeCascade = cv2.CascadeClassifier('haarcascade_lefteye_2splits.xml')
75. # Задание шрифта
76. font = cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX
77. id = 0
78. # Имя, которые должны быть отображены в соответствии с ID
79. names = ['nothing', 'Vladislav', 'Irina', 'Leonardo DiCaprio', 'Al Pacino']
80. # Initialize and start realtime video capture
81. cam = cv2.VideoCapture(0)
82. cam.set(cv2.CAP_PROP_FRAME_WIDTH, 640) # set video width
83. cam.set(cv2.CAP_PROP_FRAME_HEIGHT, 480) # set video height
84. minW = 0.1*cam.get(3)
85. minH = 0.1*cam.get(4)
86. while True:
87.     ret, img = cam.read()
88.     gray = cv2.cvtColor(img,cv2.COLOR_BGR2GRAY)
89.     faces = faceCascade.detectMultiScale(
90.         gray,
91.         scaleFactor = 1.2,
92.         minNeighbors = 5,
93.         minSize = (int(minW), int(minH)),
94.         )
95.     try:
96.         for (x,y,w,h) in faces:
97.             if (faces.size > 5):
98.                 raise again
99.                 roi_gray = gray[y-30:y+h+30, x-30:x+w+30]
100.                 roi_color = img[y:y+h, x:x+w]
101.                 rightEye = rightEyeCascade.detectMultiScale(gray[y:y+int(h/2), x:x+int(w/2)
102. ], scaleFactor=1.2, minNeighbors=5)
103.                 for (rx,ry,rw,rh) in rightEye:
104.                     if rightEye.size != 4:
105.                         raise again
106.                     leftEye = leftEyeCascade.detectMultiScale(gray[y:y+int(h/2), x+int(w/2)
107. :x+w], scaleFactor=1.2, minNeighbors=5)
108.                     for (lx,ly,lw,lh) in leftEye:
109.                         if leftEye.size != 4:
110.                             raise again
111.
112.                         eyeXdis = (lx+w/2 + lw/2) - (rx + rw/2)
113.                         eyeYdis = (ly+lh*0.666) - (ry + rh*0.666)
114.                         angle = np.arctan(eyeYdis/eyeXdis)
115.                         degree = angle*180/np.pi
116.
117.                         rotated = imutils.rotate_bound(roi_gray, (-1)*degree)
118.                         newfaces = faceCascade.detectMultiScale(
119.                             rotated,
120.                             scaleFactor=1.2,
121.                             minNeighbors=5,
122.                             minSize=(50, 50)
123.                             )
124.                         for (nx,ny,nw,nh) in newfaces:
125.                             cv2.rectangle(rotated, (nx,ny), (nx+nw,ny+nh), (255,0,0),2)

```

```

125.         id, confidence = recognizer.predict(rotated[ny:ny+nh,nx:nx+nw])
126.         # Если на 60% схожи -> лицо считается обнаруженным
127.         if (confidence < 40):
128.             id = names[id]
129.             confidence = " {0}%".format(round(100 - confidence))
130.
131.             end = int(time.time())
132.             if (end - start > 11):
133.                 Permission = 1
134.                 if (Permission == 1):
135.                     start = int(time.time())
136.                     Permission = 0
137.                     # Запуск "открытия-закрытия" двери в фоновом режиме
138.                     t=threading.Thread(target = opendoor)
139.                     t.start()
140.             else:
141.                 id = "Неизвестно"
142.                 confidence = " {0}%".format(round(100 - confidence))
143.                 cv2.putText(img, str(id), (x+5,y-
144. 5), font, 1, (255,255,255), 2)
145.                 cv2.putText(img, str(confidence), (x+5,y+h-
146. 5), font, 1, (255,255,0), 1)
147.                 cv2.imshow('Rotated to be compared', rotated)
148.         except again:
149.             print("Some miss")
150.             cv2.imshow('Camera',img)
151.             k = cv2.waitKey(10) & 0xff # Для выхода из программы необходимо нажать "Esc"
152.             if k == 27:
153.                 break
154.             print("\n [INFO] Выход из программы")
155.             GPIO.cleanup()
156.             cam.release()
157.             cv2.destroyAllWindows()

```