

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 09.03.02 Информационные системы и технологии
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение информационных технологий

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
«Анализ ЦНС с использованием метода пупиллометрии»

УДК 617.721.5-073.524:615.9

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И8А	Санжиев Даши Баирович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Пономарев Алексей Анатольевич	к.т.н		

Со-руководитель (по разделу «Концепция стартап-проекта»)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШИП	Леонтьева Елена Геннадьевна	к.ф.н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Цапко Ирина Валерьевна	к.т.н		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
УК(У)-10	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности
УК(У)-11	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению
ОПК(У)-1	Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, и использовать их при решении задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-3	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью с использованием стандартов, норм и правил
ОПК(У)-5	Способен устанавливать программное и аппаратное обеспечение для информационных и автоматизированных систем
ОПК(У)-6	Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического применения в области информационных систем и технологий
ОПК(У)-7	Способен осуществлять выбор платформ и инструментальных программно-аппаратных средств для реализации информационных систем
ОПК(У)-8	Способен применять математические модели, методы и средства проектирования информационных и автоматизированных систем
ПК(У)-1	Способен выполнять интеграцию программных модулей и компонент
ПК(У)-2	Способен выполнять работы и управлять работами по созданию (модификации) и сопровождению информационных систем
ПК(У)-3	Способен создавать техническую документацию на продукцию в сфере информационных технологий, управлять технической информацией
ПК(У)-4	Способен выполнять работы по обеспечению функционирования баз данных и обеспечению их информационной безопасности
ПК(У)-5	Способен проводить, оценивать и следить за выполнением концептуального, функционального и логического проектирования систем малого и среднего масштаба и сложности

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
 Направление подготовки – 09.03.02 «Информационные системы и технологии»
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Пономарев А.А.
 (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
8И8А	Санжиеву Даши Баировичу

Тема работы:

«Анализ ЦНС с использованием метода пупиллометрии»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	03.02.2022 №34-61/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2022
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</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>Объектом исследования выпускной квалификационной работы является метод пупиллометрии.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</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"> – Анализ предметной области – Проектирование и разработка устройства – Реализация алгоритма распознавания зрачка в видеопотоке – Анализ точности алгоритма – Описание концепции стартап-проекта – Описание социальной ответственности
--	--

<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация в формате *.pptx.</p>
--	--------------------------------------

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Концепция стартап-проекта	Леонтьева Е.Г.
Социальная ответственность	Мезенцева И.Л.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

--

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	24.01.2022
--	------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Пономарев А.А	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И8А	Санжиев Даши Баирович		

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
 Направление подготовки – 09.03.02 Информационные системы и технологии
 Уровень образования – Бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение информационных технологий
 Период выполнения – весенний семестр 2021/2022 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:	06.06.2022
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.06.2022	Основная часть	75
31.05.2022	Концепция стартап-проекта	15
03.05.2022	Социальная ответственность	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Пономарев А.А..	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Цапко И.В.	к.т.н.		

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И8А	Санжиев Даши Баирович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«КОНЦЕПЦИЯ СТАРТАП-ПРОЕКТА»**

Студенту:

Группа	ФИО
8И8А	Санжиев Даши Баирович

Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение школы (НОЦ)	Отделение информационных технологий
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	09.03.02 Информационные системы и технологии

Перечень вопросов, подлежащих разработке:	
<i>Проблема конечного потребителя, которую решает продукт, который создается в результате выполнения НИОКР (функциональное назначение, основные потребительские качества)</i>	На основе функциональных назначений выявить потенциальных потребителей, произвести сегментирование рынка и определить виды возможных продаж.
<i>Способы защиты интеллектуальной собственности</i>	Определить возможные методы защиты интеллектуальной собственности на основании действующих законов
<i>Объем и емкость рынка</i>	Произвести анализ рынка с определением объема и емкости рынка согласно методу РАМ-ТАМ-SAM-SOM
<i>Современное состояние и перспективы отрасли, к которой принадлежит представленный в ВКР продукт</i>	Произвести анализ влияния внешних факторов на рынок, определить перспективы отрасли.
<i>Себестоимость продукта</i>	Произвести расчет стоимости разработки продукта, дальнейшего развития, предположить период окупаемости.
<i>Конкурентные преимущества создаваемого продукта</i>	Произвести сравнение разрабатываемого продукта с другими конкурентными решениями. Произвести SWOT-анализ.
<i>Сравнение технико-экономических характеристик продукта с отечественными и мировыми аналогами</i>	
<i>Целевые сегменты потребителей создаваемого продукта</i>	Определить переменные сегментирования рынка, описать целевые сегменты рынка.
<i>Бизнес-модель проекта</i>	Разработать бизнес-модель проекта согласно модели Остервальдера, определить стратегию продвижения продукта на рынок
<i>Производственный план</i>	
<i>План продаж</i>	
Перечень графического материала:	
<i>При необходимости представить эскизные графические материалы (например, бизнес-модель)</i>	Презентация в формате *.pptx.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант по разделу «Концепция стартап-проекта» (со-руководитель ВКР):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШИП	Леонтьева Елена Геннадьевна	к.ф.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И8А	Санжиев Даши Баирович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 8И8А		ФИО Санжиев Даши Баирович	
Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	Отделение информационных технологий
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	09.03.02 Информационные системы и технологии

Тема ВКР:

«Анализ ЦНС с использованием метода пупиллометрии»	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения 	<p><i>Объект исследования:</i> система для отслеживания динамики изменения величины зрачков. <i>Область применения:</i> организации, работающие с методами пупиллометрии. <i>Рабочая зона:</i> производственное помещение. <i>Размеры помещения:</i> 5*4 м. <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> рабочий стол с персональным компьютером. <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> разработка и тестирование сервисов проектируемой системы.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения.</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>ГОСТ 12.2.032-78 «Система стандартов безопасности труда». Трудовой кодекс РФ от 25.02.2002.</p>
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; 2. Повышенный уровень шума на рабочем месте; 3. Показатели микроклимата воздушной среды на местонахождении работающего: температура и относительная влажность воздуха; 4. Монотонность труда, вызывающая монотонию. <p>Опасные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которых попадает работающий (поражение электрическим током, повышенная напряженность электрического поля). <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: заземляющие устройства, средства отопления и кондиционирования, устройства для вентиляции и очистки воздуха,</p>

	осветительные приборы, звукоизолирующие устройства: шумоизолирующие перегородки, наушники, беруши.
3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения	Воздействие на селитебную зону: не выявлено. Воздействие на литосферу: неправильная утилизация отходов при поломке предметов вычислительной техники. Воздействие на гидросферу: не выявлено. Воздействие на атмосферу: не выявлено.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	Возможные ЧС: Техногенные (пожар, внезапное обрушение здания, аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения населения). Биологические (эпидемия, пандемия). Социальные (терроризм, война). Наиболее типичная ЧС: Пожар (возгорание).
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И8А	Санжиев Даши Баирович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит: 83 страницы, 39 рисунков, 19 таблиц, 30 источников.

Ключевые слова: пупиллометрия, зрачок, алгоритм распознавания зрачков, пупиллограмма, видеопоток, программно-аппаратный комплекс.

Объектом исследования выпускной квалификационной работы является метод пупиллометрии

Цель работы – разработка системы для анализа центральной нервной системы с использованием метода пупиллометрии.

В результате исследования были спроектированы и реализованы: аппаратная составляющая системы, алгоритм распознавания зрачка и вычисления основных его параметров.

Степень внедрения: частичная.

Область применения: медицина.

В будущем планируется доработка и оптимизация приложения для использования полученных данных в качестве параметров для построения пупиллограммы.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

ЦНС – Центральная нервная система;

ИК – Инфракрасный;

DN – Начальный диаметр зрачка;

TL – Латентный период реакции;

ТС – Время сужения;

АС – Амплитуда сужения;

VC – Скорость сужения;

TLR – Латентный период расширения;

TR – Время расширения;

T – Общее время реакции.

Содержание

РЕФЕРАТ	10
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	11
Введение.....	14
1. Анализ предметной области	15
1.1 Глаз как объект исследования	15
1.2 Пупиллометрия, как метод исследования ЦНС	16
1.3 Пупиллограмма и ее показатели	17
1.4 Основные методы измерения диаметра зрачка	18
2. Разработка программно-аппаратного комплекса	24
2.1 Разработка устройства для записи видеоряда	24
2.2 Проектирование алгоритмов детектирования зрачка	26
2.3 Получение видеоряда с лицом	27
2.4 Уменьшение зоны интереса	30
2.5 Выделение глаз	30
2.6 Детектирование радужки глаза	31
2.7 Детектирование зрачка глаза (1 метод EMGUCV)	32
2.8 Детектирование зрачка глаза (2 метод EMGUCV)	33
2.9 Детектирование зрачка глаза (AFORGE)	37
2.10 Оценка точности детектирования зрачка	39
2.11 Изменение диаметра зрачка и определение состояния ЦНС в видеоряде	39
2.12 Оценка точности определения размеров зрачка	41
3. Концепция стартап-проекта.....	44
3.1 Описание продукта	45
3.2 Интеллектуальная собственность	46
3.3 Объем и емкость рынка	46
3.4 Анализ современного состояния и перспектив развития отрасли	49
3.5 Планируемая стоимость продукта	51
3.5.1 Расчет материальных затрат	51
3.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование	52
3.5.3 Заработная плата исполнителей темы	53
3.5.4 Отчисления во внебюджетные фонды	54
3.5.5 Накладные расходы	55
3.5.6 Формирование бюджета научно-исследовательского проекта	55
3.6 Конкуренты и конкурентные преимущества	57
3.7 Целевые сегменты потребителей создаваемого продукта	61

3.7.1	ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ ПЕРЕМЕННЫЕ	62
3.7.2	ОПЕРАЦИОННЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ	62
3.7.3	ПРАКТИКА ЗАКУПОК	62
3.7.4	СИТУАЦИОННЫЕ ФАКТОРЫ:	63
3.8	БИЗНЕС-МОДЕЛЬ ПРОЕКТА	63
3.9	СТРАТЕГИЯ ПРОДВИЖЕНИЯ ПРОДУКТА НА РЫНОК	65
4	Социальная ответственность	67
4.1	ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	68
4.2	ПРАВОВЫЕ НОРМЫ ТРУДОВОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА	68
4.3	ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРАВИЛЬНОМУ РАСПОЛОЖЕНИЮ И КОМПОНОВКЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ	68
4.4	ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	69
4.4.1	ОТСУТСТВИЕ ИЛИ НЕДОСТАТОК НЕОБХОДИМОГО ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ	71
4.4.2	ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ ШУМА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ	72
4.4.3	ПОКАЗАТЕЛИ МИКРОКЛИМАТА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ НА МЕСТОНАХОЖДЕНИИ РАБОТАЮЩЕГО: ТЕМПЕРАТУРА И ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА	73
4.4.4	МОНОТОННОСТЬ ТРУДА, ВЫЗЫВАЮЩАЯ МОНОТонию	74
4.5	ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФАКТОРЫ, СВЯЗАННЫЕ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ, ВЫЗЫВАЕМЫМ РАЗНИЦЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕНЦИАЛОВ, ПОД ДЕЙСТВИЕ КОТОРЫХ ПОПАДАЕТ РАБОТАЮЩИЙ (ПОРАЖЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ, ПОВЫШЕННАЯ НАПРЯЖЕННОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ).	75
4.6	ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	75
4.7	БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ	76
	Вывод по разделу	77
	Заключение	79
	Список использованных источников	80

Введение

Определение диаметра зрачка может использоваться в различных сферах деятельности человека, начиная от офтальмологических отделений медицинских учреждений, заканчивая технологией «eye-tracking», где отслеживается положение глаз для управления различными видами устройств.

Выделим некоторые задачи, которые могут быть решены с помощью метода пупиллометрии:

- Проверка зрения человека
- Диагностика центральной нервной системы человека
- Оценка психологических показателей человека
- Проверка людей на наличие различного рода опьянения
- Управление устройствами, отслеживающими взгляд человека
- Подбор очков

Исходя из этого, можно сделать вывод, что разрабатываемая система имеет большое количество возможных применений и высокую актуальность.

Целью данной работы является разработка системы для анализа центральной нервной системы с использованием метода пупиллометрии.

Основная идея метода в том, чтобы с помощью специальной видеокамеры произвести съемку с лицом человека, обработать полученную запись, обнаружить зрачок, определить его параметры. Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- Разработать устройство для записи видеоряда
- Разработать алгоритм определения лица, глаз
- Спроектировать и разработать алгоритмы определения зрачков
- Провести тестирование обнаружения зрачков различными алгоритмами.
- Определить показатели зрачков

1. Анализ предметной области

1.1 Глаз как объект исследования

Зрачок глаза человека – это центральное отверстие в радужке глаза через которое проникает свет. Диаметр зрачка здорового человека может изменяться от 1.1 до 8 мм. С помощью изменения диаметра зрачка регулируется количество проникаемого света, тем самым фокусируется изображение окружающего мира [1]. По размеру принято делить зрачок на три типа:

- Мидриатические – диаметр зрачка более 4 мм
- Нормальные – от 1.5 до 5 мм
- Миотические – не более 1.5 мм



Рисунок 1 – Размеры зрачков

Существует довольно распространенное мнение, что зрачок имеет круглую форму, однако это не совсем так, зрачок окружен зрачковым поясом, который представляет из себя кривую [2]. Также повсеместно считается, что центр зрачка совпадает с центром радужки глаза, однако исследования показали, что это также ошибочное утверждение – центр зрачка несколько смещен по направлению к носу.

Радужка (радужная оболочка) с лат. «iris» - это передняя часть глазного яблока, определяющая его цвет. Радужная оболочка имеет форму диска (эллипс с радиусом 12 и 12.5 мм), в центре которого находится отверстие. Цвет глаз человека зависит от плотности стромы и количества пигмента.

Быстрота реакции и размеры зрачка имеют диагностическое значение для оценки здоровья человека и могут служить косвенными признаками влияния некоторых факторов. Например, зрачок расширяется при нахождении человека в темноте, при возбуждении, при приеме некоторых препаратов: галлюциногенных, антихолинергических и симпатомиметических, сужается на ярком свете, при приеме алкоголя и опиоидов.

Основываясь на вышеописанных фактах, были приняты следующие допущения в выполняемой работе:

1. Зрачок и радужка глаза – круглые и имеют общий центр окружностей, ввиду того, что формы зрачка и радужки глаза могут быть спокойно вписаны в круг без существенных погрешностей. Несовпадение центров также не учитываются, т.к погрешности минимальны и не играют большой роли при условии, что у человека нет каких-либо патологий глаза.

2. Считается, что внешняя окружность радужки глаза постоянна в своих размерах и соответствует взрослому человеку.

3. Считается, что оба зрачка глаза одинаково сужаются и расширяются, т.к это является нормой. Не рассматривается случай анизокории – когда зрачки при одинаковой освещенности имеют разные размеры.

1.2 Пупиллометрия, как метод исследования ЦНС

Пупиллометрия – это методика, направленная на определение размера зрачка. Дело в том, что зрачок человека является наиболее достоверным индикатором состояния центральной нервной системы, ввиду того, что реакция зрачка на раздражители является безусловным рефлексом организма, который неподконтролен разуму человека, следовательно, отсутствует возможность подделки результатов диагностики [3].

Основные аксиомы метода пупиллометрии в качестве экспресс-диагностики центральной нервной системы были исследованы в диссертации Куцало А.Л [4]. В данной работе был произведен анализ данных об анатомии и физиологии зрачка, приведены данные о пупиллометрических показателях

при различных заболеваниях человека и воздействии фармакологических веществ. Также на основе воздействия опиатов были описаны общие механизмы их влияния на зрачок, подкрепленные клиническими, экспериментальными, лабораторными исследованиями. Данная работа составляет доказательную базу эффективности метода пупиллометрии в целях анализа центральной нервной системы человека, и автор приходит к выводу, что эффективность диагностики данным методом не менее 95%. Данной точности хватит для первичного выявления отклонений в рамках экспресс-диагностики.

1.3 Пупиллограмма и ее показатели

Пупиллография (от лат. pupilla – зрачок и греч. Grapho – записываю) – метод графической регистрации ширины зрачков с использованием световой вспышки [5].

Все показатели вычисляются с помощью двух величин: диаметра зрачка и времени, регистрируемых с помощью пупиллометра. На основе данных, полученных с прибора осуществляется построение пупиллограммы (график зависимости диаметра зрачка от времени). Исходя из этого графика и вычисляются все параметры (рисунок 2):

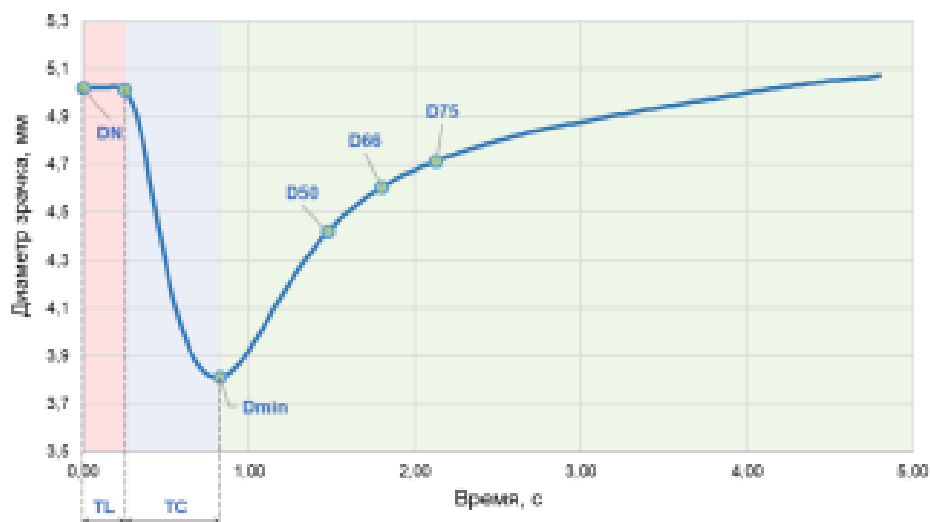


Рисунок 2 - Пупиллограмма

– **Начальный диаметр зрачка (DN)** – фиксируется исходный диаметр зрачка. Параметр зависит как от состояния организма человека, так и от внешних факторов.

– **Латентный период реакции (TL)** – временная задержка начала изменения размера зрачка. Принимает вид горизонтальной линии в течение 0.15 – 0.5 сек.

– **Время сужения (TC)** – период времени от начала реакции зрачка до его максимального сужения, после того как произошла световая вспышка. Примерные значения колеблются от 0.5-0.8 сек. Величина зависит от яркости и длительности вспышки.

– **Амплитуда сужения (AC)** – разность между максимальным и минимальным диаметром зрачка.

– **Скорость сужения (VC)** – отношение амплитуды сужения на время сужения.

$$VC = \frac{AC}{TC}$$

– **Латентный период расширения (TLR)** – время максимального сужения зрачка после того, как перестала воздействовать вспышка.

– **Время расширения (TR)** – период времени от момента максимального сужения до восстановления изначального размера.

– **Общее время реакции (T)** – время от момента воздействия вспышки до окончания реакции зрачка.

Данные параметры являются основными критериями, с помощью которых анализируется состояние человека. Также значения данных параметров составили основную выборку в работе Куцало А.Л для выявления людей, находящихся в состоянии опьянения [4].

1.4 Основные методы измерения диаметра зрачка

Существуют множество методов определения параметров зрачка, начиная с традиционной пупиллометрии, представляющей из себя

специальную линейку, заканчивая современными дорогостоящими аппаратами:

1. Пупиллометр Гааба – представляет из себя линейку на которой изображены круги с различными диаметрами от 1.5 до 8 мм (рисунок 3). Каждая последующая окружность отличается от предыдущей на 0.5 мм, следовательно, погрешность прибора – 0.5 мм [3]. Использование аппарата требует 2-ух человек: врача и пациента, который сидит напротив и смотрит вдаль. Врач измеряет первый зрачок, потом второй и в последующем использует результаты измерения для оценки. В настоящее время, ввиду малой точности, пупиллометр Гааба не используется медицинских учреждениях, однако для экспресс-диагностики вполне может сгодиться.

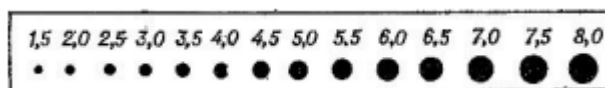


Рисунок 3 – Пупиллометр Гааба

2. Более ранние пупиллограммы выводились с помощью кинематопупиллографа в 2 этапа [6]:

– Производится киносъемка зрачков со скоростью 10 кадров/сек на высокочувствительную пленку

– Производится анализ кинокадров и регистрация на неэкспонированной фотопленке горизонтальных диаметров зрачка в виде прямых линий (пупиллограмма). На каждой линии отпечатывается специальная калибровочная шкала, одно деление которой равно 1 мм. Это позволяет определить абсолютные размеры диаметра зрачка в миллиметрах. С помощью штангенциркуля производят измерение с точностью до 0,1 мм (рисунок 4). Ввиду технического прогресса данный аппарат не используется на замену пришли цифровые пупиллометры.

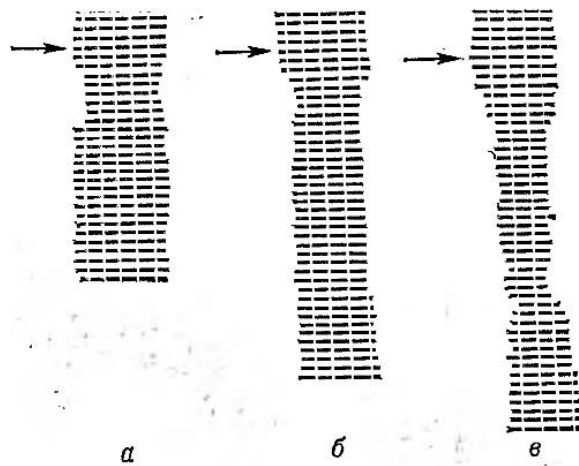


Рисунок 4 – Пупиллограммы

3. Цифровая пупиллометрия [2]. Одним из примеров использования цифровой пупиллометрии является пупиллометр (рисунок 5). Пупиллометр представляет собой портативное устройство, которое обеспечивает надежное и объективное измерение размера зрачка, симметрии путем измерения зрачкового рефлекса на свет. Независимо от исследователя, автоматический пупиллометр устраняет изменчивость и субъективность, так что можно отслеживать изменения как размера зрачка, так и другие показатели жизнедеятельности. Автоматический пупиллометр также обеспечивает надежный и эффективный способ количественной классификации и выявления отклонений при реакции зрачка на свет. Пользоваться данным прибором легко, т.к все расчеты выполняются на стороне устройства, точность измерений и скорость заметно возросли в том числе из-за того, что был исключен человеческий фактор. Также имеются различные настройки по выводу показателей от 0.1 до 0.5, с шагом 0.1 или 0.05, присутствует автоматическая регулировка освещения, что позволяет повысить комфортность использования устройства так и для врача, так и для пациента.

Данный прибор является наиболее распространенным в медицинских учреждениях.



Рисунок 5 – Цифровой пуриллометр

4. Системы оптической биометрии

Система оптической биометрии – это высокоточный неинвазивный автоматизированный метод измерения анатомических характеристик глаза. Она также может использоваться для измерения диаметра зрачка, однако ввиду больших размеров, стоимости и возможностей используется далеко не для определения диаметра [7]. Точные измерения имеют решающее значение, например, для определения правильной оптической силы ИОЛ перед ее имплантацией во время операции по удалению катаракты. Распространенным устройством данного типа считается ALADDIN HW3.0 (рисунок 6). Aladdin выполняет девять различных измерений, помогающих в расчете оптической силы ИОЛ. Встроенное программное обеспечение включает в себя полный набор формул Барретта, а также формулы расчета силы традиционной, пострефракционной хирургии и торической ИОЛ [8].

Пуриллометр несколько проигрывает по функциональным возможностям и точности системам аналитической биометрии, однако данной точности вполне хватит для большинства задач, исполняющихся в медицинских учреждениях.



Рисунок 6 – ALADDIN HW3.0

Далее приведена таблица с сравнением основных методов измерения диаметра (таблица 1).

Таблица 1 – Методы измерения диаметра зрачка

№	Название метода	Преимущества	Недостатки
1	Пупиллометр Гааба	Доступность, простота, мобильность	Малая точность, сложность измерения ввиду необходимости освещения зрачка, большая зависимость от человеческого фактора
2	Камера с ИК-подсветкой для измерения диаметра зрачка (текущая работа).	Доступность, простота, мобильность, не требует специалиста для снятия показателей. Использование может происходить повсеместно.	Точность колеблется между показателями традиционной пупиллометрии и цифровой, частичная зависимость от оператора.
3	Кинематопупиллограф	Возможность отслеживать быстрые изменения диаметра зрачка, довольно высокая точность (до 0,1 мм).	Необходимость в большом фоновом освещении, малая распространенность, небольшой функционал технической сложности, требует присутствие высокоспециализированного оператора.

4	Цифровая пупиллометрия	Доступность, мобильность, эталонная точность (до 0.25 мм), большой функционал,	Невозможность отслеживать быстрые изменения диаметра зрачка, зависимость от оператора, некомфортные условия измерения для пациента.
5	Системы оптической биометрии	Высокая точность, широкий функционал.	Большие размеры, требуется высококвалифицированный специалист для данного оборудования, относительно высокая стоимость

Исходя из вышеперечисленного можно сделать следующие выводы. Измерение зрачка является важной задачей для многих сфер деятельности человека, начиная от медицины, заканчивая безопасностью. Существует множество методов определения диаметра зрачка, все имеют как и преимущества, так и недостатки. Наиболее эффективным методом является измерение с помощью системы оптической биометрии, т.к оно имеет высокую точность, минимальную зависимость от специалиста, однако большими недостатками являются малая мобильность и высокая цена, поэтому их используют только в лабораториях.

В качестве наиболее эффективного метода для проведения экспресс-диагностики видится метод измерения зрачка с помощью камеры с ИК-подсветкой, такой метод позволяет:

1. Можно разбить и сохранить изображение на множество кадров, где уже отследить незаметные для человека изменения динамики зрачков.

2. Необязательно присутствие одного из лиц во время анализа видеоряда: пациента или врача. Можно отснять на камеру видеоряд с изображенными зрачками и через любое время подвергнуть анализу.

3. Осуществить запись видеоряда можно везде, а не только в медицинских учреждениях или лабораториях, достаточно лишь наличия хорошего освещения и камеры. Это могут быть офисы, проверочные пункты ГИБДД, станции, заводы и т.д.

2. Разработка программно-аппаратного комплекса

2.1 Разработка устройства для записи видеоряда

В ходе данной работы, для улучшения результатов распознавания зрачка, была разработана веб-камера с возможностью записи видеоряда в инфракрасном диапазоне (рисунок 7).



Рисунок 7 – Устройство

Данное устройство состоит из:

- камеры с расширением 1920x1080, съемкой видеоряда 25 кадров/сек и заранее удаленным ИК-фильтром
- круговой ИК-подсветки с 6 светодиодами, находящихся под углом 120 с 5-вольтовой линией питания.

Инфракрасное излучение представляет собой область спектра электромагнитного излучения, в которой длина волны находится в диапазоне примерно от 700 нанометров (нм) до 1 миллиметра (мм). Они длиннее волн видимого света, но короче радиоволн [9].

Инфракрасный свет невидим для человеческого глаза, хотя более длинные инфракрасные волны можно воспринимать как тепло. Однако у него есть некоторые общие характеристики с видимым светом, а именно, инфракрасный свет может быть сфокусирован, отражен и поляризован. Следовательно, окружающие нас предметы имеют различные характеристики

поглощения и отражения ИК-лучей. Эта индивидуальная характеристика широко используется в различных исследованиях.

Данное излучение позволяет алгоритму проще выявлять границы зрачка, ввиду того, что под инфракрасным излучением весь зрачок определяется как полностью темная или светлая контрастная окружность, в зависимости от того, какой метод используется:

1. Метод «темного зрачка» [10] – метод, где угол между камерой и ИК-подсветкой находится в диапазоне от 40° до 70° . В этом случае зрачок глаза распознается как полностью темный круг (рисунок 8).

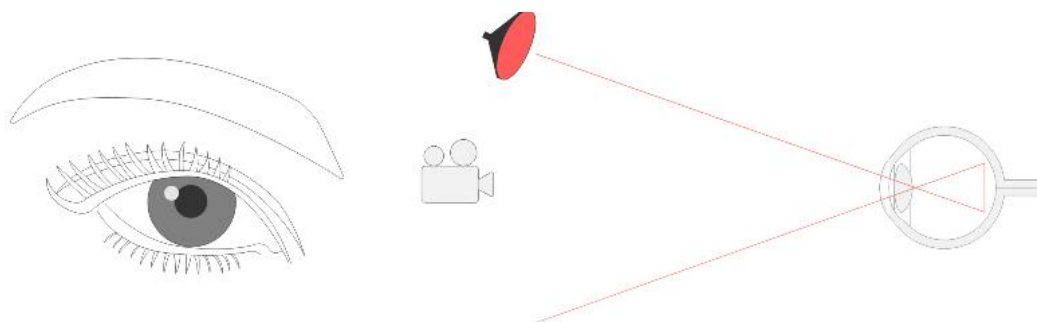


Рисунок 8 – Метод темного зрачка

2. Метод «светлого зрачка» (рисунок 9) – метод, при котором камера и ИК-подсветка находятся однонаправленно, тем самым зрачок подсвечивается ярким светом, как эффект «красных глаз»

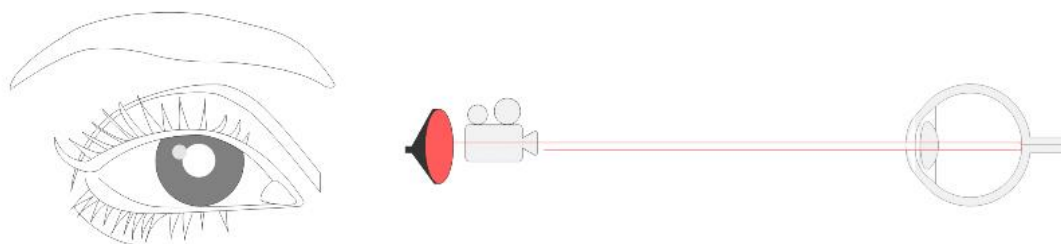


Рисунок 9 – Метод светлого зрачка

В данном случае используется метод темного зрачка, ввиду того, что дальнейшие действия по определению зрачка являются менее трудоемкими и более точными. Однако существует большая вероятность помех, связанных с бликами.

Также из-за того, что веб-камеры поставляются с ИК-фильтром, который блокирует инфракрасный спектр, необходимо аккуратное демонтирование данной составляющей. В попытках удаления ИК-фильтра были сломаны 6 камер (рисунок 10).

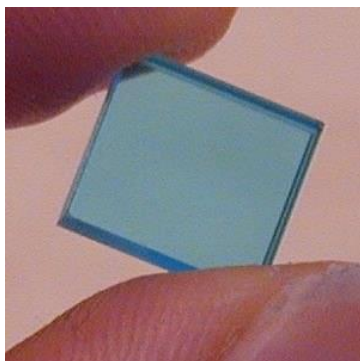
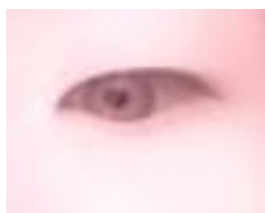


Рисунок 10 – Инфракрасный фильтр

В результате вышеописанных действий, был получен следующий результат (рисунок 11).



а)



б)

Рисунок 11 – Полученное изображение глаза

а – темный зрачок, б – светлый зрачок

2.2 Проектирование алгоритмов детектирования зрачка

Реализация алгоритмов для детектирования зрачков и получения его показателей осуществлялось со следующим стеком технологий:

- язык программирования C#

- OpenCV – библиотека алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений.

- EmguCV – кроссплатформенная оболочка .NET для работы с OpenCV.

- AForge.NET – библиотека компьютерного зрения и искусственного интеллекта для .NET Framework

С помощью данного стека удастся добиться хорошей производительности, присутствуют возможности расширить функционал и портировать разработку на мобильные устройства.

Для распознавания зрачка были опробованы две библиотеки компьютерного зрения, реализованные на C#:

- Aforge.NET

- OpenCV с использованием кроссплатформенной оболочки EmguCV.

В ходе данной работы были спроектированы и протестированы 3 алгоритма:

- Алгоритм с использованием AForge.NET

- 1-ый алгоритм с использованием EmguCV

- 2-ой алгоритм с использованием EmguCV

Определение диаметра с помощью видеоряда предполагает прохождение нескольких этапов:

- Получение видеоряда с лицом

- Выделение глаз

- Детектирование радужки глаза

- Детектирование зрачка глаза

- Изменение диаметра зрачка

2.3 Получение видеоряда с лицом

Самый начальный этап, предполагающий загрузку видеоряда в создаваемую программу. Видеоряд может браться с видеокамеры или с устройств хранения информации.

Не каждый видеоряд подойдет для алгоритма, присутствуют следующие трудности:

- Видеоряд плохого разрешения
- Блики от источника света
- Недостаточно открытый глаз

Все эти моменты уменьшают успешность работы алгоритма и рекомендуется обеспечить при съемке следующие условия:

1. Разрешение камеры должно быть достаточным для сохранения зрачком яркого цвета и формы.

2. Процесс съемки нужно контролировать, стараясь избежать блики и прикрытых глаз. Избежать бликов можно, когда угол между источником освещения и камерой находится в пределах 70-85 градусах.

3. Освещение должно быть достаточным, чтобы различить зрачок на фоне радужки и не создавать бликов.

Для детектирования лица используется метод Виолы-Джонса [11]

Метод Виолы-Джонса – назван в честь двух исследователей компьютерного зрения, которые предложили этот метод в 2001 году, Пола Виолы и Майкла Джонса в их статье «Быстрое обнаружение объектов с использованием усиленного каскада простых функций». Несмотря на то, что данный метод является устаревшим, он довольно мощный, и его применение оказалось исключительно эффективным при распознавании лиц в реальном времени. Этот алгоритм очень медленно обучается, но он может обнаруживать лица в режиме реального времени с впечатляющей скоростью.

Для метода Виолы-Джонса используется концепция скользящего окна, которая представляет из себя прямоугольную область фиксированной ширины и высоты, которая «скользит» по изображению.

Далее для каждого из этих окон обычно берется область окна и применяется классификатор изображения, чтобы определить, есть ли в окне интересующий нас объект – в данном случае лицо.

Алгоритм Виолы-Джонса работает с фронтальными изображениями лица, поэтому должны быть видны все черты человеческого лица: два глаза и брови, нос, губы, симметрия и взаимное расположение черт и частей лица. Алгоритм ищет на лице сотни таких черт. Если все эти черты найдены, то у нас есть лицо на этом субизображении. Данный метод определяет все черты лица с помощью классификатора каскадов Хаара – прямоугольных масок, содержащих различные комбинации темных и белых участков (рисунок 12).

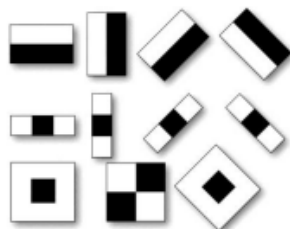


Рисунок 12 – Примитивы Хаара

Если присмотреться, каскады Хаара позволяют нам найти края на изображении в градациях серого. Всякий раз, когда происходит резкое падение или увеличение уровня яркости, то это есть край, и эти особенности позволяют нам определить его местонахождение (рисунок 13).

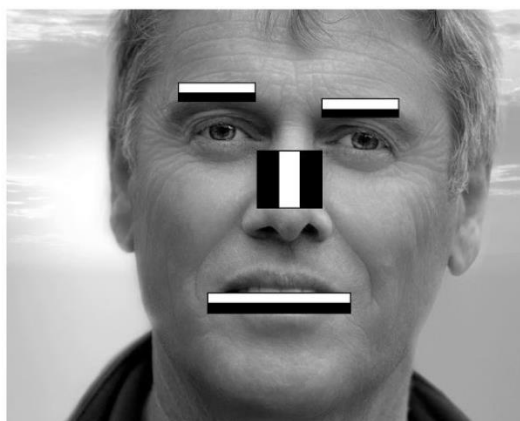


Рисунок 13 – Обнаруженные части лица

Данный метод присутствует в библиотеке OpenCV (функция `cvHaarDetectObjects()`). Результаты этапа показаны на рисунке 14.

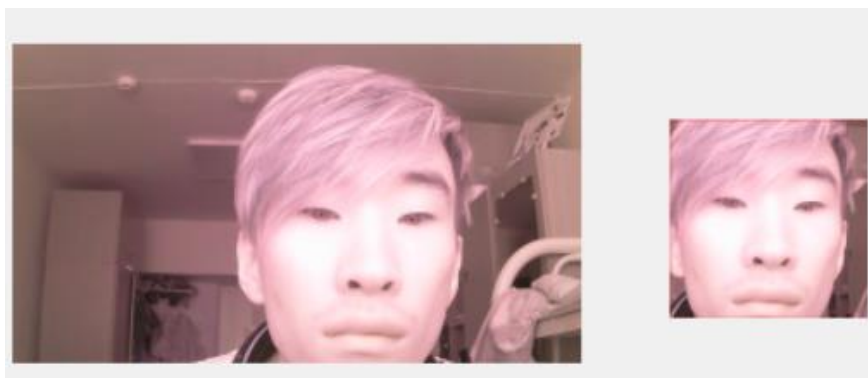


Рисунок 14 – Детектирование лица

2.4 Уменьшение зоны интереса

Данный этап представляет из себя обычную обрезку изображения, полученного на предыдущем этапе. Обрезается изображение ввиду того, что любое лицо человека имеет почти одинаковые пропорции и данный этап хорошо оптимизирует приложение для обнаружения глаз: вместо 100% обработки картинки будет обрабатываться только 40%. Так, экспериментальным путем были обнаружены коэффициенты начала и конца области, содержащей глаза. При высоте изображения, взятой за единицу, производя отсчет от высшей горизонтальной границы изображения, первая граница будет иметь коэффициент 0.2, вторая – 0.6. Результат представлен на рисунке 15.

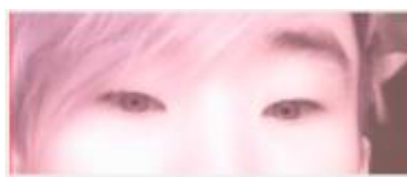


Рисунок 15 – Уменьшенная зона

2.5 Выделение глаз

Данный этап решается аналогично, как и в первом шаге с использованием классификатора `cvHaarcascade_eye_tree_eye_glasses.xml`. Для отслеживания динамики глаза, предполагается, что будет обрабатываться только одно изображения с глазом. Результат представлен на рисунке 16.



Рисунок 16 – Обнаруженный глаз

2.6 Детектирование радужки глаза

Детектирование радужки глаза сводится к определению окружности, в которую можно вписать радужную оболочку. Осуществить это можно при помощи метода, который предлагается в статье Ю.И. Монича и В.В. Старовойтова «Обработка изображений радужной оболочки глаза в целях идентификации границ радужной оболочки глаза».

Основная идея описанного метода – выделение границы на основе резкого перехода яркостей пикселей может быть реализована средствами, имеющимися в составе библиотеки OpenCV, в частности с помощью оператора Собеля (рисунок 17). Оператор Собеля – это дискретный дифференциальный оператор, вычисляющий приближение градиента яркости изображения [12].



Рисунок 17 – Выделение границы радужной оболочки с помощью оператора Собеля.

Далее нужно определить круги на изображении Собеля. Есть два метода:

– Преобразование Хафа – имеет плохую эффективность при работе с оператором Собеля, т.к. распознает и другие окружности, которые не являются радужкой глаза (рисунок 18) [13].



Рисунок 18 – Преобразование Хафа

– RANSAC является более эффективным методом. Это общий метод, с помощью случайных выборок оценивающий параметры модели, представленной в виде уравнения окружности

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = R^2$$

где x_0 , y_0 – координаты центра окружности, R – радиус

В результате применения RANSAC строится окружность, на которую попало больше точек [14].

Схема алгоритма определения радужки выглядит следующим образом (рисунок 19).

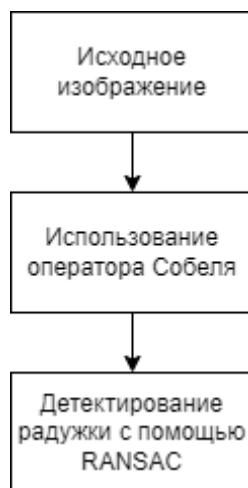


Рисунок 19 – Схема алгоритма детектирования радужки.

2.7 Детектирование зрачка глаза (1 метод EmguCV)

Данный этап похож на предыдущий этап, однако присутствуют некоторые проблемы. Метод был опробован на двух типах камер: на обычной и на разработанной с удаленным ИК-фильтром. При снятии на обычную камеру границы зрачка хуже различимы, в частности для людей, имеющие темно-карие глаза. В этом случае зрачок сливается с фоном радужной

оболочки глаз и точно определить границы зрачка невозможно. Для решения проблемы используется намеренное увеличение яркости изображения, при котором радужка засвечивается и становится белой (рисунок 20). При использовании специальной камеры данное действие не требуется.



Рисунок 20 – Изменение яркости

Далее были опробованы следующие действия: метод детектора границ Кенни [15], который отмечает границы, где градиент максимальный, с заранее наложенным фильтром градации серого на полученное изображение, с последующим использованием метода RANSAC. Проблемы заключались в том, что данные действия требуют большого количества входных переменных, которые требуют отдельной настройки под каждое изображение вручную. Поэтому данный метод был отброшен.

2.8 Детектирование зрачка глаза (2 метод EmguCV)

Более простым в настройке и производительным стал набор следующих последовательных действий. Однако, данный метод отлично работает только при использовании камеры со снятым ИК-фильтром.

1. Использование размытия по Гауссу с заранее переведенным изображением в оттенки серого (рисунок 21).



Рисунок 21 – Размытие по Гауссу

2. Адаптивная настройка порога серого, заключающаяся в поиске значения самого темного пикселя на изображении и его умножении на экспериментально подобранный коэффициент ($k=2$):

$$\gamma = kI_{min}$$

Далее значения цвета, которые меньше γ , окрашиваются черным, другие – белым. Результат на рисунке 22.

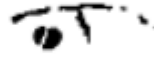


Рисунок 22 – Адаптивная бинаризация

3. Затем идет использование морфологической операции для избавления дефектов на изображении. Последовательно применяя операцию сужения и расширения к бинаризованному изображению можно добиться избавления от узких вкраплений черных участков и сплавления областей в монолитные контуры. В данном случае была убран шум от волоса (рисунок 23).



Рисунок 23 – MorphologyEx

4. Далее ищутся контуры по полученному изображению с помощью метода FindContours() (рисунок 24).



Рисунок 24 – FindContours

5. Далее ищется самый большой замкнутый контур, который удовлетворяет уравнению круга (рисунок 25).

$$\frac{4\pi S}{r^2} \geq K,$$

где $K=0,8$ – экспериментально подобранный коэффициент

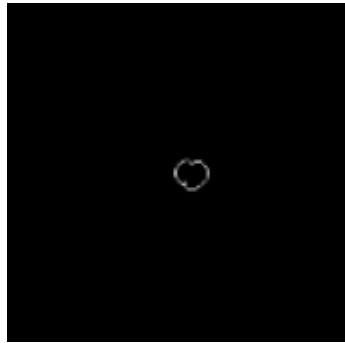


Рисунок 25 – Найденная окружность

6. Далее обводим контур на цветном изображении (рисунок 26).



Рисунок 26 – Найденный зрачок

7. С помощью команды «CvInvoke.ContourArea» узнаем площадь контура и по формуле определяем диаметр окружности:

$$D = \frac{C}{\pi}$$

Перевод в систему СИ может быть затруднительным, т.к может быть неизвестно или быть неточным расстояние от камеры до лица, поэтому динамика зрачка будет рассматриваться в пикселях. Так как найдены основные параметры контура можно без проблем определить: площадь, периметр, радиус, диаметр (рисунок 27).

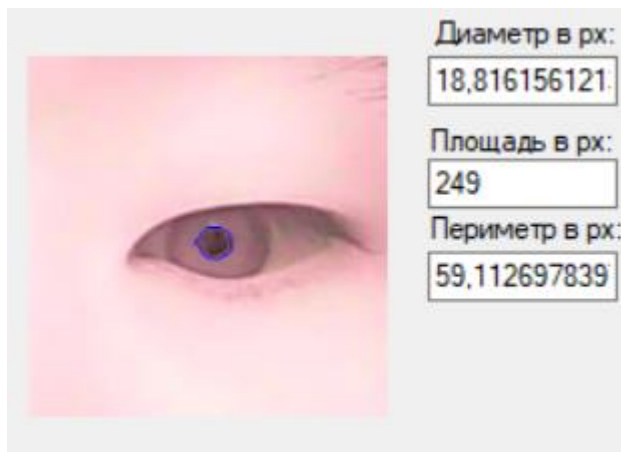


Рисунок 27 – Значения параметров зрачка

Все этапы детектирования зрачка выглядят следующим образом (рисунок 28).

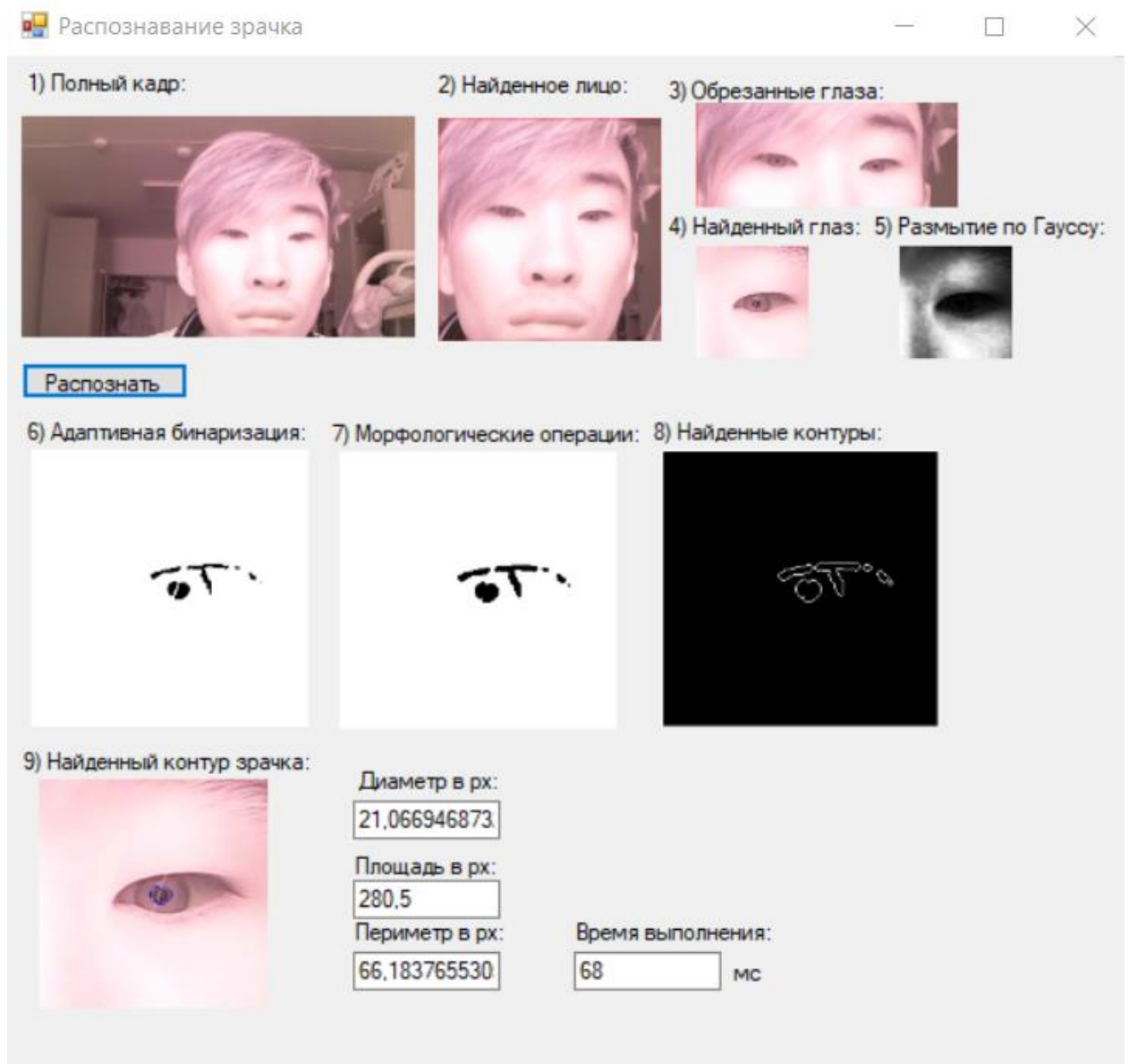


Рисунок 28 – Работа алгоритма

2.9 Детектирование зрачка глаза (AForge)

Также была использована библиотека Aforge [16], методами которой можно также определить радужку глаза. Однако алгоритм не работает с людьми имеющие темно-карий цвет. Исходное изображение представлено на рисунке 29.



Рисунок 29 – Исходное изображение

Далее производится инвертирование изображения (рисунок 30).



Рисунок 30 – Инверсия цвета изображения

Затем происходит инвертирование в оттенки серого (рисунок 31) и наложение двоичного фильтра с пороговым значением 220 (рисунок 32).



Рисунок 31 – Оттенки серого



Рисунок 32 – Наложение двоичного фильтра

Затем находится самый большой объект на рисунке 29 и вырезается фрагмент из исходного изображения (рисунок 33).



Рисунок 33 – Результат

Существует несколько проблем: данная библиотека может определять зрачки, однако определение диаметра и других показателей зрачка не представляется возможным, пороговое значение должно регулироваться вручную.

2.10 Оценка точности детектирования зрачка

Для оценки точности была составлена выборка из 56 фотографий: 40 изображений лиц, сделанных на разработанную веб-камеру, и 16 изображений глаз, взятых из базы данных ВАН, снятых методом темного зрачка.

Из 56 фотографий были правильно определены зрачки на 49 изображениях. Погрешность составила – 8.8%. Среднее время распознавания 35мс. На нераспознанных примерах присутствовали либо блики, занимающие более 1/5 площади зрачка (рисунок 34), либо не полностью раскрытые зрачки (рисунок 35).

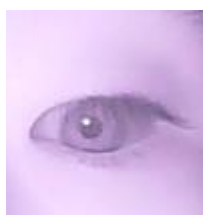


Рисунок 34 – Блик



Рисунок 35 – Нераскрытый глаз

Во избежание данных проблем рекомендуется:

- настроить освещение таким образом, чтобы угол между источником освещения и камерой был более 75° ;
- зрачок был раскрыт на 90% и более

2.11 Изменение диаметра зрачка и определение состояния ЦНС в видеоряде

Далее был загружен видеоряд продолжительностью ~5 сек, снятый на разработанную камеру со частотой 25 кадров/сек. Во время съемки глаз был полностью открыт и отсутствовали блики. Между 1-ой и 2-ой секундой производилась кратковременная вспышка (рисунок 36).

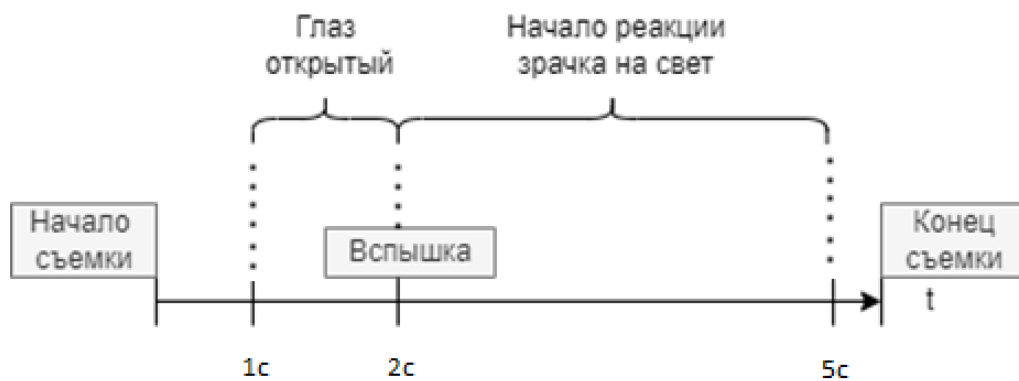


Рисунок 36 – Алгоритм записи видео

Программа анализирует 50 кадров с данного видеоряда, где с каждой секунды берется по 10 кадров. Далее применяется алгоритм, вычисляются значения диаметра и другие его показатели на этих кадрах (п. 1.3), строится график, делается предположение состояния ЦНС, согласно диссертации Куцало А.Л (рисунок 37) [4].

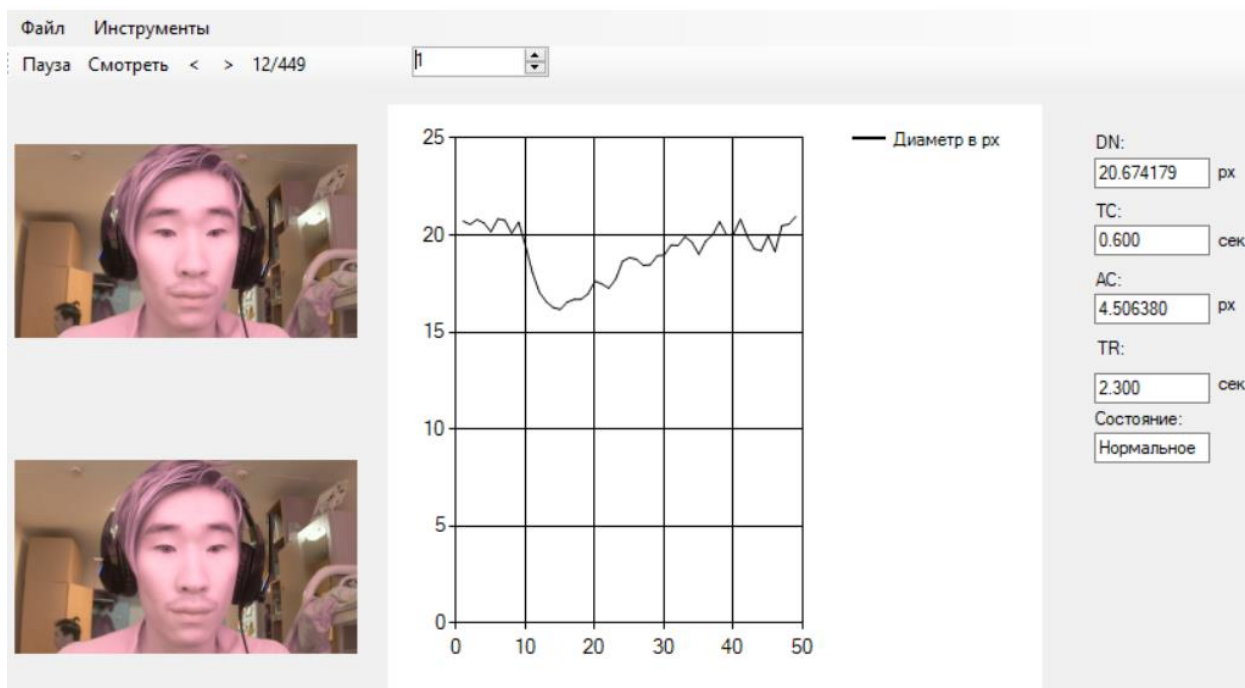


Рисунок 37 – График

Изменение зрачка (в том числе определение состояния человека) высчитывается с помощью определения относительных размеров зрачков на 50 разных кадрах видеопотока, где происходила вспышка. Если сравнивать результаты с таблицей показателей возрастных норм из диссертации

Куцало А.Л, может показаться, что погрешность маленькая, однако даже сотая какого-либо параметра может изменить все (рисунок 38).

Возрастные параметры зрачковой реакции

Возраст	Пол	Параметры пупиллограммы							
		DN мм	TL сек	AC мм	TC сек	TR сек	VC мм/сек	VR мм/сек	DK мм
14-19	М, ж	6,65±0,049	0,25±0,002	1,56±0,020	0,48±0,006	2,25±0,011	3,32±0,043	0,71±0,011	6,32±0,047
20-29	М	6,42±0,044	0,25±0,002	1,57±0,022	0,49±0,007	2,25±0,011	3,29±0,035	0,71±0,010	6,10±0,045
	Ж	6,55±0,057	0,26±0,003	1,53±0,029	0,48±0,011	2,26±0,011	3,22±0,060	0,68±0,014	6,28±0,056
30-39	М	5,90±0,079	0,26±0,003	1,48±0,026	0,47±0,010	2,26±0,009	3,18±0,054	0,66±0,013	5,60±0,078
	Ж	6,24±0,097	0,26±0,003	1,55±0,033	0,49±0,012	2,23±0,020	3,21±0,065	0,70±0,017	5,92±0,090
40-49	М	5,24±0,206	0,25±0,005	1,30±0,032	0,48±0,018	2,30±0,012	3,03±0,103	0,64±0,040	4,90±0,184
	Ж	5,41±0,090	0,25±0,003	1,48±0,026	0,49±0,011	2,22±0,022	3,07±0,047	0,67±0,014	5,07±0,085
50-59	М	4,66±0,135	0,27±0,006	1,22±0,057	0,44±0,017	2,29±0,016	2,82±0,103	0,53±0,026	4,52±0,131
	Ж	5,29±0,092	0,26±0,009	1,32±0,051	0,44±0,016	2,32±0,017	3,03±0,104	0,57±0,023	5,07±0,079
60-69	М	5,19±0,071	0,26±0,009	1,45±0,030	0,53±0,018	2,21±0,016	2,74±0,095	0,66±0,015	4,78±0,081
	Ж	4,68±0,216	0,28±0,005	1,23±0,044	0,47±0,026	2,29±0,012	2,67±0,078	0,54±0,021	4,53±0,207
70-79	Ж	3,61±0,106	0,27±0,013	1,29±0,013	0,56±0,021	2,18±0,017	2,33±0,069	0,59±0,010	3,39±0,109

Условные обозначения: DN – начальный диаметр зрачка; TL – латентное время реакции зрачка; AC – амплитуда сужения зрачка; TC – время сужения зрачка; TR – время расширения зрачка; VC – скорость сужения зрачка; VR – скорость расширения зрачка; DK – конечный диаметр зрачка.

Рисунок 38 – Возрастные параметры зрачковой реакции

В реализации программы были применены и сверены 4 показателя пупиллограммы, результаты удовлетворительные, однако для полной и точной картины требуется меньшая погрешность, чем присутствует на данный момент.

2.12 Оценка точности определения размеров зрачка

Для оценки точности определения размеров зрачка использовались 2 видеоряда, снятых при искусственном освещении и его отсутствии, в которых анализировались 50 кадров. Кадры выбирались таким образом, чтобы на них были обнаружены зрачки, т.е было настроено освещение и изображен полностью открытый глаз.

Значения диаметров 1-ого видеоряда, который также использовался в предыдущем пункте, были сравнены с ручными измерениями, сделанными в Adobe Photoshop (рисунок 39).

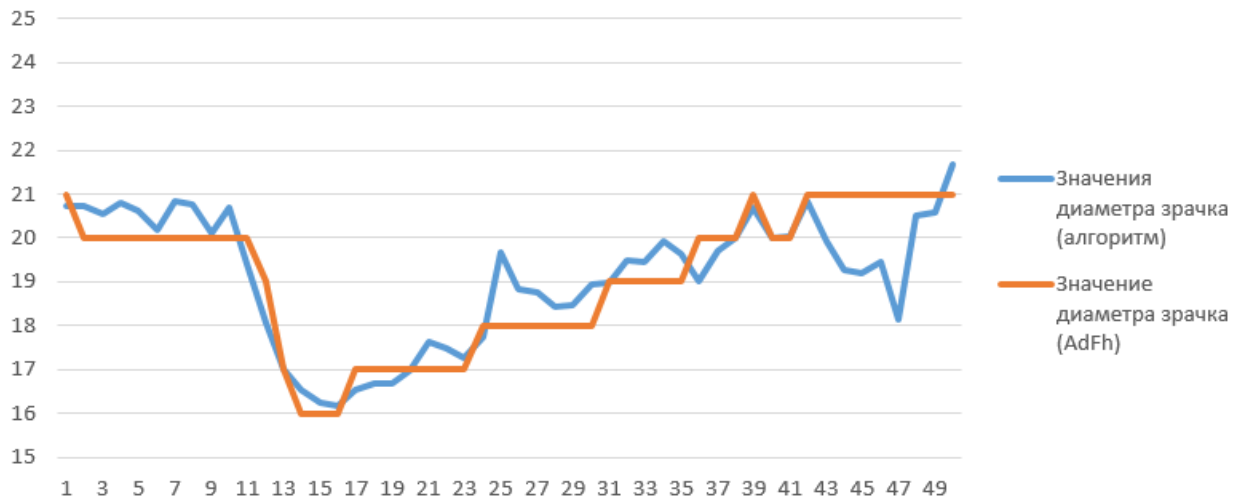


Рисунок 39 – Значения диаметров

Значения, полученные с помощью Adobe Photoshop подвержены влиянию человеческого фактора, однако все равно имеют место быть, так как уменьшается вероятность ошибки в определении границ зрачка по сравнению с алгоритмом.

Для оценки погрешности использовалось среднеквадратичное отклонение на основании несмещенной оценки дисперсии:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_d)^2}{n - 1}}$$

где:

x_i – полученный алгоритмом диаметр зрачка в пикселях;

x_d – действительное значение диаметра зрачка в пикселях, измеренных с помощью Adobe Photoshop;

n – количество рассматриваемых кадров

Относительная погрешность каждого измерения рассчитывалась по формуле:

$$\delta = \frac{\Delta x}{x_d} * 100\%$$

Результаты погрешности представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты анализа погрешности работы алгоритма обнаружения диаметра зрачка

	Кол- во кадро в	D_{min}	D_{max}	Максимальная относительная погрешность, %	Среднеквадратично е отклонение, рх
Искусственно е освещение	50	16	21	13.5%	0.7
Отсутствие освещенности	50	24	30	12.7%	0.9

По результатам оценки погрешности видим значение максимальной относительной погрешности равной 13,5%, в пикселях значение этой ошибки равнялось 2,73 рх. В работе [17] показано, что отклонения в измерении размеров зрачка более чем на 2 пикселя приводят к неприемлемым искажениям пупиллограмм и делают их непригодными для анализа. Из этого можно сделать вывод, что требуется минимальная доработка регистрирующего устройства для увеличения разрешения изображения глаза. Этого можно добиться, применяя объектив с большим коэффициентом увеличения чем текущий объектив камеры. Однако алгоритм показал хорошие результаты и высокую точность определения диаметра зрачка.

3. Концепция стартап-проекта

На данный момент с развитием науки все чаще применяются программно-аппаратные комплексы на основе машинного зрения, которые проводят экспресс диагностику здоровья человека. Как правило, основная суть данных диагностик заключается в том, чтобы за считанные минуты проверять большое количество людей на наличие каких-либо отклонений. Часто данная скорость достигается за счет невысокой точности устройства. Однако для такого типа устройства это не критично, хватает того, чтобы оно просто уведомило о подозрении на наличие какого-либо отклонения, после чего подозреваемый направляется на медицинское обследование. Одним из таких типов экспресс диагностик является оценка состояния центральной нервной системы (ЦНС) [4, 18].

Существует множество способов оценки состояния ЦНС. Большинство из которых требуют физического присутствия персонала, проводящего диагностику, и проверяемого человека. Однако существует объективный индикатор состояния ЦНС, по которому с высокой долей вероятности можно выявить отклонения в его работе.

Было проведено множество исследований, которые подтверждают эффективность оценки ЦНС с помощью методов пупиллометрии. Пупиллометрия – это методика, направленная на определение размера зрачка. Зрачок человека является наиболее достоверным индикатором состояния центральной нервной системы, ввиду того, что его реакция на раздражители является безусловным рефлексом организма, который неподконтролен разуму человека, следовательно, отсутствует возможность подделки результатов диагностики [19, 20, 21]

Исходя из этого, можно сделать вывод, метод пупиллометрии является доступным, точным, быстрым способом диагностики центральной нервной системы.

3.1 Описание продукта

Продукт будет предоставлять возможность проведения экспресс-диагностики состояния центральной нервной системы с помощью метода пупиллометрии.

Разработанная программа требует наличие персонального компьютера и веб-камеры

Функциональным назначением разработки являются:

- Проверка человека на наличие опьянения
- Проверка на возможные отклонения центральной нервной системы
- Измерение диаметра, площади, длины окружности зрачка
- Построение графика динамики (расширения, сужения) зрачка
- Потенциальными потребителями продукта являются:
 - различные правоохранительные органы (ГИБДД, МВД, Росгвардия)
 - медицинские учреждения (государственные и частные)
 - компании, где может потребоваться диагностика ЦНС (например, различные компании, с высокими требованиями по охране труда: строительные, транспортные, нефтегазовые и другие, требующие нормального психологического состояния рабочих).

Исходя из этого, разрабатываемый проект можно отнести к категориям «Бизнес-бизнес» (B2B) и Бизнес-государство (B2G).

Основными потребительскими качествами услуги являются:

- Быстрота диагностики состояния ЦНС
- Удобство в использовании продукта
- Достаточная точность диагностики

3.2 Интеллектуальная собственность

Программа для ЭВМ – это сложный объект интеллектуальной собственности, состоящий из нескольких «слоёв»:

- исходный код;
- интерфейс пользователя
- алгоритм

Все составляющие можно защитить как различные объекты интеллектуальной собственности по патентному праву. Охраняться они будут в соответствии со ст.4 ГК РФ.

В данном случае оптимальным решением для текущей разработки будет защита ПО комплексным методом (регистрация исходного кода программы, по возможности патентование алгоритма и интерфейса и регистрация логотипов, товарных знаков).

3.3 Объем и емкость рынка

Наша продукция подразумевает из себя программное обеспечение, которое также измеряет, оценивает показатели глаз и центральной нервной системы, как и офтальмологические инструменты, и не требует производства различных материальных устройств, следовательно, для более лучшего описания рынка следует рассмотреть его в сегменте B2B с помощью специально разработанной методики для стартапов – РАМ-ТАМ-SAM-SOM.

Разрабатываемая система находится на рынке офтальмологических инструментов, который является наиболее перспективным для вхождения систем, использующих технологии машинного зрения. Из-за того, что большая часть инструментов на данном рынке представляет из себя устройства, требующих большого вклада работы специализированного врача, то в разрабатываемой системе роль специалиста в диагностике можно свести к минимуму за счет автоматизации процессов. Данное преимущество может помочь захватить большую долю рынка. Описанный рынок имеет долю в 4%

от всех товаров медицинского назначения и основными потребителями являются частные и медицинские компании [22].

Многие факторы влияют на рынок офтальмологических инструментов в России:

- Экономическая ситуация в России
- Производство и цены производителей
- Продажи и цены продаж
- Баланс спроса, предложения, складских запасов
- Численность потребителей и потребление
- Экспорт и импорт офтальмологических инструментов

С 2016 г по 2020 г предложение офтальмологических инструментов на российском рынке увеличилось на 7,2%: с 44,5 тыс. до 47,7 тыс. шт. Основной прирост объема предложения приходился на 2017 год, что связано как с повышением объемов внутреннего производства, так и импортных поставок.

До 2019 года производство офтальмологических инструментов в России сокращалось при сохранении импорта, поэтому предложение данной продукции стабилизировалось на уровне 44,7 тыс. шт. В 2020 году рост показателя объяснялся наращиванием производства на фоне сокращения импорта. В связи с ослаблением рубля и уменьшением доходов россиян в условиях кризиса, вызванном коронавирусом, импортная продукция стала менее доступной. При этом на начальном этапе ввода карантинных ограничений в различных странах логистические компании столкнулись с дефицитом транспорта, ростом издержек, непредсказуемостью ситуации с действующими и планируемыми ограничениями, что также усложнило поставки офтальмологических инструментов в Россию из других стран [22].

Рынок офтальмологических инструментов может быть разделен на 4 сектора:

Госзакупки – закупки офтальмологических инструментов для нужд госсектора: больниц, поликлиник и реабилитационных центров,

психоневрологических интернатов, силовых структур и других госорганизаций.

Корпоративные закупки – закупки коммерческими предприятиями для собственных работников.

Онлайн-продажи – розничные продажи офтальмологических инструментов на различных площадках в интернете.

Физическая розница – розничные продажи в магазинах, «классическая» розница.

Продвижение продукта будет происходить в секторе корпоративных закупок и онлайн продаж (частные больницы и предприятия), ввиду того, что эти сектора имеют большое количество потенциальных потребителей. Сектор госзакупок (ГИББД, силовые структуры, государственные больницы) не рассматривается из-за того, что в нем присутствует сильная конкуренция и нужно большое количество усилий для получения тендера, что может плохо сыграть на продвижении продукта в целом. Однако при удачной адаптации в секторе корпоративных закупок, вхождение в сегмент госзакупок имеет место быть.

Средняя стоимость пупиллометров – 31 тыс. рублей

1. РАМ (Potential Available Market) – потенциальный объем рынка.

В нашем случае это все частные клиники, предприятия, имеющие от 10 работников, в России, где может потребоваться измерение диаметра зрачка и оценка центральной нервной системы. Предприятий в 2021 г. – 2.672 млн, частных клиник – 69 тыс [23].

Следовательно, при цене 31 тыс. рублей, потенциальный объем рынка составляет 84, 971 млрд. рублей

2. ТАМ (Total Addressable Market) – объем целевого рынка.

185 тыс. предприятий из 2.672 млн являются опасными производственными, где требуется внимательная оценка показателей центральной нервной системы, также 45 тыс. клиник имеют неврологические

отделения – все они наши потенциальные клиенты. Следовательно, объем целевого рынка – 8, 050 млрд. рублей.

3. SAM (Served/Serviceable Available Market) – доступный объем рынка. В основном это самые крупные города России: Москва, Санкт-Петербург, Новосибирск, Екатеринбург с количеством 134 тыс. опасных производственных предприятий и 36 тыс. частных поликлиник. Это 72% и 80% соответственно. Доступный объем рынка – 5,950 млрд. рублей

4. SOM (реально достижимый объем рынка)

Наш продукт может обслужить всех заинтересованных клиентов, но для получения прибыли требуется хорошая реклама.

Предположим, что на привлечение одного заказа мы тратим 7,5 тыс. рублей при маркетинговом бюджете в 1 миллион рублей, следовательно, достижимый объем рынка составляет 3, 667 миллиона рублей.

3.4 Анализ современного состояния и перспектив развития отрасли

Импортные пупиллометры занимают 85 % от общего объема российского рынка, что является высоким показателем для страны. По оценкам экспертов, рынок является ненасыщенным и его потенциальный объем может быть увеличен на 20-35 % [24].

Помимо зависимости от экономических факторов отечественный рынок пупиллометров постоянно изменяется и тесно зависит от политических факторов [25]:

К основным тенденциям российского рынка пупиллометров относятся:

- ужесточение требований к продукту;
- инновационность товаров;
- увеличение доли интернет-торговли;
- перераспределение покупателей между сегментами;
- усиление конкуренции и уменьшение доли прямых продаж;
- предпочтение товаров российского производства;
- увеличение спроса на многофункциональные инструменты.

Среди основных факторов, определяющих развитие рынка офтальмологических инструментов, сегодня можно выделить следующие:

- снижение доходов россиян;
- ослабление курса рубля к основным валютам и вызванный этим рост цен на импортные и отечественные товары;
- снижение спроса на офтальмологические товары средней ценовой группы;
- переход части покупателей в более дешевые ценовые сегменты и сокращение частоты покупок.
- рост доли канала интернет - продаж;
- закрытие нерентабельных магазинов и уход ряда отечественных компаний с рынка офтальмологических инструментов.

Впрочем, несмотря на перспективность интернета, как канала продаж в России, следует отметить и довольно серьезное ужесточение конкуренции на просторах интернета. Подобные результаты обусловлены не только массовым выходом отечественных и зарубежных производителей в Рунет, но также ростом популярности трансграничных интернет-гигантов [26].

В поиске более выгодных цен, а также более широкого ассортимента многие продвинутые отечественные клиенты стали совершать покупки в «AliExpress», «Ozon» и прочих зарубежных онлайн-площадках [27]. Так, например, база активных покупателей «Ozon» выросла более чем на 85% год-к-году и превысила 25 млн по сравнению с 13,8 млн в 2020 году. За 4 квартал 2021 года Ozon привлек около 4 миллионов новых покупателей, прежде всего благодаря росту ассортимента и органическому притоку клиентов [28].

В данный момент 2022 года сложно делать достоверные прогнозы в виду быстро меняющейся обстановки в мире. В целом можно выделить две стороны: позитивная – у российских производителей появляется возможность перейти на импортозамещение, негативная – в условиях санкций уменьшится импорт заграничных, качественных, проверенных временем продуктов.

3.5 Планируемая стоимость продукта

При планировании стоимости программного обеспечения необходимо предоставить полную информацию о всех видах расходов, связанных с его разработкой. В процессе формирования бюджета используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных работ);
- заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

3.5.1 Расчет материальных затрат

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} ,$$

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

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Результаты расчетов материальных затрат за представлены в таблице 3.

Для выполнения работ арендуется офис 20 кв. метров, где присутствуют все необходимые условия для разработки, т.е наличие 4-ех столов, 7 стульев, 2-ух шкафов.

Канцелярские товары представляют из себя набор, состоящий из ручек, упаковок бумаги А4, блокнотов, тетрадей.

Плата за патент осуществляется каждый месяц.

Таблица 3 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.
Аренда офиса	Шт.	3	15000	45000
Канцелярские товары	Шт.	3	15000	15000
Электроэнергия	кВт*ч.	933	3,85	1198
Патент	Шт.	3	5900	5900
Итого:				81292

Итого общие материальные затраты за 3 месяца составили 81292 руб.

3.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование

Данный подраздел включает необходимое оборудование для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости оборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Все используемое программное обеспечение предоставляется на бесплатной основе либо по бесплатной студенческой лицензии, т.к. разниц между обычной версией и студенческой нет, следовательно, использование платных лицензий не эффективно.

Результат расчета затрат по данной статье представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Бюджет затрат на приобретение спецоборудования для научных работ.

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Персональный компьютер	1	70000	70000
2	Мышь	1	3000	3000
3	Клавиатура	1	1000	1000
4	Роутер	1	1700	1700
5	Веб-камера	1	3000	3000
6	Фото вспышка	1	1500	1500
Итого:				80200

3.5.3 Заработная плата исполнителей темы

Данный подраздел включает основную заработную плату с учетом премий и доплат для исполнителей проекта: студента и научного руководителя. Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, инженера) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} * T_p,$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m * M}{F_d},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

– 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. (таблица 5).

Таблица 5 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:		
- выходные дни	118	118
- праздничные дни		
Потери рабочего времени:		
- отпуск	24	24
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	223	223

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_m = Z_{тс} * (1 + k_{пр} + k_d) * k_p,$$

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

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{тс}$);

k_d – коэффициент доплат и надбавок равный приблизительно 0,2;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Разработка продукта осуществляется 2 сотрудниками:

– научный руководитель – занимает руководящую должность, выполняет наставническую работу, курирует проектом, контролирует результаты;

– студент – исполнитель, выполняет разработку, согласно наставлениям и советам научного руководителя.

Результат подсчета основной заработной платы представлен таблице 6.

Таблица 6 – Основная заработная плата

Исполнители	$Z_{тс}$	$k_{пр}$	k_d	Z_m	$Z_{дн}$	Тр, раб. Дни	$Z_{осн}$, руб.
Научный руководитель	32400	0,3	0,3	67392	3385	9	30465
Студент	13890	0,3	0,2	27085	1360	95	129200
Итого:							159665

3.5.4 Отчисления во внебюджетные фонды

Данный подраздел отражает обязательные отчисления, по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Сумма отчисления определяет по следующей формуле:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} * (Z_{осн} + Z_{доп}),$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, в соответствии с Федеральным законом для учреждений,

осуществляющих образовательную и научную деятельность, используется пониженная ставка – 30%;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Результаты расчетов отчислений во внебюджетные фонды представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Зарплата, руб.
Научный руководитель	30465
Студент	129200
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3
Итого: 47900	

3.5.5 Накладные расходы

Данный подраздел включает прочие затраты, не попавшие в предыдущие статьи расходов. Их величина определяется согласно следующей формуле:

$$Z_{\text{нак}} = k_{\text{нр}} * \sum \text{статей},$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент накладных расходов, принятый за 16%.

Накладные расходы составили:

$$Z_{\text{нак}} = (81292 + 80200 + 159665 + 47900) * 0,16 = 59049 \text{ рублей}$$

3.5.6 Формирование бюджета научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат разработки является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на проект приведено в таблице 8.

Таблица 8 – Итоговый бюджет разработки

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты	27098
Затраты на специальное оборудование для Разработки	80200
Затраты по основной заработной плате исполнителей	159665
Отчисления во внебюджетные фонды	47900
Накладные расходы	50378
Итого	419435

Разработка программного продукта обошлась в 419435 рублей.

Дальнейшая продажа продукта будет осуществляться через приобретение покупателем лицензии на использование ПО.

Т.к средняя цена пупиллометров составляет около 35 тыс. рублей, следовательно, лицензия продукта, устанавливаемая на один персональный компьютер будет корректироваться в районе 25-30 тыс. руб за год. Если взять, что каждый месяц покупают одну лицензию около 4 компаний, то проект окупится через 5,24 месяца.

Выручка с продаж в месяц составит 100000 руб:

$$SR = Pr * Am = 25000 * 4 = 100000 \text{ руб}$$

где Pr – цена за 1 шт. (руб), Am – количество продаж (шт).

Чистая прибыль в месяц составит 80000 руб:

$$NP = SR * (1 - IT) = 100000 * 0,8 = 80000 \text{ руб}$$

где NP – чистая прибыль в месяц, IT – налог на прибыль (20%).

$$T = \frac{IC}{NP} = \frac{419435}{80000} =$$

где T – период окупаемости, IC – стоимость разработки, NP – чистая прибыль в месяц.

Можно регулировать цену товара, вести грамотную рекламную политику для привлечения большего числа покупателей, адаптировать программу под мобильные устройства.

3.6 Конкуренты и конкурентные преимущества

Детальный анализ конкурентов, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Данный анализ помогает вовремя вносить изменения в исследование, чтобы иметь возможность эффективно существовать на рынке. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Существуют несколько конкурентных технических решений, которые могут использоваться для определения признаков различных видов опьянения по зрачкам:

– Пупиллометр OASIS 0401A. Имеет высокую точность измерения, большое количество различных функций, при этом не обладает высокой мобильностью [29].

– Приложение для проведения экспресс-анализа, разработанная компанией «GLOS» с использованием библиотеки «AForge» [30] Имеет высокую мобильность, так как может устанавливаться на любой персональный компьютер, однако присутствует невысокая точность измерения и набор различных функций ограничен.

Сравнение технических и экономических характеристик данных решений представлены в таблице 9.

Текущая разработка обозначена как Ф, Пупиллометр OASIS 0401A обозначен как К1, приложение для проведения экспресс-анализа «GLOS»– К2,

Таблица 9 – Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		БФ	БК1	БК2	КФ	КК1	КК2
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Простота в использовании	0,15	5	2	5	0,75	0,3	0,75
2. Точность измерения	0,2	4	5	2	0,8	1	0,4

3. Мобильность	0,2	5	1	5	1	0,2	1
4. Быстродействие	0,15	4	2	5	0,6	0,3	0,75
5. Универсальность метода	0,1	4	5	1	0,4	0,5	0,1
6. Простота разработки	0,1	3	2	5	0,3	0,2	0,5
Экономические критерии оценки эффективности							
7. Цена	0,05	3	1	5	0,15	0,05	0,25
8. Уровень проникновения на рынок	0,05	2	3	2	0,1	0,15	0,1
Итого	1				4,1	2,7	3,85

Конкурентоспособность определяется по формуле:

$$K = \sum V_i * B_i,$$

где V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Из оценочной карты сравнений можно сделать вывод, что разрабатываемая система имеет следующие преимущества:

- простота в использовании;
- мобильность;
- быстродействие.

Недостатками системы являются:

- уровень проникновения на рынок.

Разрабатываемая система старается брать лучшие качества из двух конкурентных решений:

- мобильность и простоту в проведении экспресс-анализа от системы, созданной на базе «AForge»;
- повышенную точность от пупиллометра OASIS 0401A

Исходя из таблицы 1 можно сделать вывод, что конкурентоспособность системы выше, чем у конкурентных решений, следовательно, целесообразно проводить разработку данного приложения.

SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Первый этап анализа заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Результатом данного этапа является заполненная таблица 10.

Таблица 10 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
С1. Удобство и простота использования С2. Использованная библиотека «EmguCV» постоянно дополняется новым функционалом С3. Актуальность разработки С4. Быстродействие приложения	В1. Расширение функционала В2. Адаптация под мобильные устройства В3. Большой потенциал применения приложения в России и других странах
Слабые стороны	Угрозы внешней среды
Сл1. Неидеальная точность результатов экспресс-анализа Сл2. Небольшое количество данных по определению опьянения через зрачки Сл3. Повышенная сложность разработки	У1. Переход используемых средств разработки на платную основу У2. Развитие конкурирующих разработок У3. Отсутствие интереса к продукту на рынке

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды. Для этого используется интерактивная матрица проекта. Ее применение позволяет выявить различные комбинации взаимосвязей областей матрицы SWOT. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие), либо знаком «-» (означает слабое соответствие). Символ «0» ставится в том случае, если есть сомнения в выборе между первыми двумя вариантами. Интерактивная матрица проекта представлена в таблицах 11-12.

Таблица 11 – Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и возможностей

Возможности проекта	Сильные стороны				Слабые стороны		
		C1	C2	C3	C4	Сл1	Сл2
B1	+	+	+	+	+	-	+
B2	+	-	+	+	-	-	+
B3	+	+	+	+	+	+	-

Таблица 12 – Интерактивная матрица сильных сторон и слабых сторон и угроз

Угрозы проекта	Сильные стороны				Слабые стороны		
		C1	C2	C3	C4	Сл1	Сл2
У1	-	+	-	-	+	-	+
У2	0	+	-	-	+	+	+
У3	+	0	+	+	+	+	-

В результате анализа интерактивных таблиц можно выделить следующие сильно коррелирующие сильные и слабые стороны с условиями внешней среды:

- B1B2B3C1C3C4; B1B3C2;
- B1B3Сл1; B3Сл2; B1B2Сл3;
- У1У2С2; У3С1С3С4;
- У1У2У3Сл1; У2У3Сл2; У1У2Сл3.

Самой вероятной и большой угрозой является переход используемых средств разработки на платную основу. Это приведет к дополнительным большим затратам по материальным ресурсам проекта.

Третий этап заключается в составлении итоговой матрицы SWOT-анализа, которая представлена в таблице 13.

Таблица 13 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Удобство и простота использования С2. Используемая библиотека «EmguCV» постоянно дополняется новым функционалом С3. Актуальность разработки С4. Быстродействие приложения</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Неидеальная точность результатов экспресс-анализа Сл2. Небольшое количество данных по определению опьянения через зрачки Сл3. Повышенная сложность разработки</p>
<p>Возможности: В1. Расширение функционала В2. Адаптация под мобильные устройства В3. Большой потенциал применения приложения в России и других странах</p>	<p>Актуальность разработки и использование «EmguCV» помогут усовершенствовать точность экспресс-анализов и расширить функциональные возможности приложения, что в свою очередь повысят конкурентоспособность, а соответственно, и сферу влияния.</p>	<p>Привлечение новых программистов и консультации с медицинскими специалистами позволят найти пути для усовершенствования приложения, а также упростить его разработку.</p>
<p>Угрозы: У1. Переход используемых средств разработки на платную основу У2. Развитие конкурирующих разработок У3. Отсутствие интереса к продукту на рынке</p>	<p>За счет постоянных добавлений новых возможностей библиотеки и актуальности разработки имеется возможность всецело улучшить показатели приложения для сохранения конкурентоспособности.</p>	<p>Отсутствие интереса на товар и развитие конкурирующих разработок приведет к понижению конкурентоспособности и потере потенциальных конкурентов.</p>

3.7 Целевые сегменты потребителей создаваемого продукта

В первую очередь потребителями сектора В2В являются любые компании с штатом сотрудников более 20 человек, требующие от рабочих нормального состояния ЦНС:

- заводы;
- офисы;
- предприятия

Также могут быть частные медицинские учреждения, специализирующиеся на неврологических, психиатрических, офтальмологических исследованиях человека.

Сегмент B2G не рассматривается, так как существуют сложности с заходом на данный сегмент (тендеры, высокая конкурентность).

Основной ценностью продукта для всех потребителей является быстрая диагностика ЦНС человека.

Далее прописаны основные переменные сегментирования рынка для нашего продукта:

3.7.1 Демографические переменные

1. Приоритетная отрасль для продукта – медицинская.
2. Приоритета обслуживания по размерному критерию предприятий нет. Обслуживаем все предприятия вне зависимости от их размера.
3. Приоритета по географическому фактору нет, обслуживаем все предприятия в России

3.7.2 Операционные переменные

1. Приоритеты по технологиям потребителя являются новаторы, ранние последователи
- 2 По статусу пользователя выбираем потребителей с высокой и умеренной активностью.
3. По большей части нас интересуют потребители, которым требуется продукт в большом объеме

3.7.3 Практика закупок

1. Для эффективности будет использоваться централизованная система закупки.
2. Мы нацелены работать с компаниями, связанными со здравоохранением, а также компаниями, которые заинтересованы в проведении экспресс диагностик своих рабочих.

3. Будут цениться старые клиенты, но по возможности нужно находить новых, тем самым это повлияет на расширение компании на рынке.

4. Будут обслуживаться компании с помощью комплектных поставок, т.к другие варианты подразумевают заморозку средств, что очень негативно повлияет на развитие компании.

5. Следует обслуживать компании, которые уделяют внимание уровню качества, т.к в будущем это будет хорошая реклама нашего продукта.

3.7.4 Ситуационные факторы:

1. Выгодными для нас будут компании, которые уделяют внимание уровню обслуживания.

2. Область применения нашего продукта узкая, для начала нужно занять нишу в области здравоохранения, далее рассматривать увеличение различных функций.

3. Приоритетными являются большие заказы (4 лицензии и более).

3.8 Бизнес-модель проекта

Бизнес-модель – это структура, которая поддерживает жизнеспособность продукта и объясняет, как работает компания, зарабатывает деньги и какие цели хочет достичь. Бизнес-модель необходимо строить на самом начальном этапе разработки стартап-проекта и далее раз в 2-3 месяца изучать ее и при необходимости менять. Она позволят правильно создать ценность для потребителя и понять, как получить прибыль.

Бизнес будет зарегистрирован как индивидуальный предприниматель, так как это выходит дешевле и нет необходимости делить бизнес официально.

Александр Острелвальдер и Ивом Пинье разработали канву классической бизнес-модели, которая стала общепринятой графической формой представления бизнес-модели стартап-проекта. Шаблон заполняется по мере исследования бизнес-идеи и включает девять блоков, которые отражают логику действий компании, направленных на получения прибыли. Эти девять блоков охватывают четыре основные сферы бизнеса: взаимодействие с

потребителем, ценность предложения, инфраструктура и финансовая эффективность компании. Для стартапа бизнес-модель Остервальдера отражена в таблице 14.

Таблица 14 – Модель Остервальдера

Ключевые партнёры Владелец технологии EmguCV, поставщики веб-камер	Ключевые виды деятельности Управление инфраструктурой: планируется дальнейшее продвижение продукта, увеличение функционала, тестирование ПО, поддержка пользователей.	Ценностное предложение Быстрота измерения, удобство в использовании, мобильность, функционал	Взаимоотношения с клиентами Поддержание регулярного сотрудничества Дружеские отношения с каждым сегментами	Потребительские сегменты В B2B-сегменте потребители: Частные медицинские учреждения, офисы, предприятия, заводы, требующие от своих работников нормальное состояние ЦНС
	Ключевые ресурсы - материальные (компьютерное оборудование); -интеллектуальные (фреймворки, технологии); -человеческие (программисты); -финансовые (первоначальные инвестиции)		Каналы сбыта -Прямой сбыт.	
Структура издержек - Разработка приложения; - Оборудование; - Пиар-компания; - Поддержка платформы; - Зарплата			Потоки поступления доходов - продажи от покупки лицензий на использование разработанного программного обеспечения	

Из таблицы видим основные характеристики данного проекта. Выражено ценностное предложение и взаимоотношения с клиентами через онлайн-продажи, прямой сбыт означает, что товар переходит к покупателю от производителя, без посредников. Потребительский сегмент – B2B, данная система является одним из звеньев в цепочке современных бизнес-процессов, и это звено строит бизнес-отношения следующего плана взаимодействий: «Бизнес-бизнес». Также возможно вхождение в потребительский сегмент

B2G – «Бизнес-государство», однако существуют некоторые трудности в виде участия в аукционах, выборе тендеров и других ограничений.

Данная модель отображает процессы в бизнесе на начальном этапе его работы.

На дальнейших этапах разработки и ведения проекта возможны корректировки в бизнес-модели, например, могут добавиться новые потоки поступления доходов в связи с добавлением нового функционала или появлением возможности приобретения лицензии за более мелкий промежуток времени. Также возможно расширение потребительского сегмента, при условии заинтересованности компаний и государства в покупке продукта.

3.9 Стратегия продвижения продукта на рынок

Продукт имеет довольно узкую направленность, поэтому все потребители, по сути, нуждаются в одинаковой продукции. Исходя из этого, политика компании: выход на рынок с одним общим маркетинговым планом, т.е. подразумевается введение недифференцированного маркетинга.

Далее разработан комплекс маркетинга (таблица 15).

Таблица 15 – Комплекс маркетинга

№№ п/п	Комплекс маркетинга «4P»	Содержание разделов
1.	Товар	Для нас главной целью является выпуск качественной продукции с последующим послепродажным обслуживанием. Дизайн имеет второстепенное значение.
2.	Цена	Цена полностью должна соответствовать качеству, однако ввиду наличия конкурентов, нужно не забывать о системе скидок для постоянных клиентов и акций, благодаря этому конкурентоспособность компании

		будет держаться на хорошем уровне.
3. Методы продвижения товара		
3.1	Реклама	Основной упор идет на показ ненавязчивой рекламы. Рекомендуются не тратить большие деньги на рекламу. Хорошая реклама – довольные заказчики и их отзывы.
3.2	Личные продажи	Должна формироваться база постоянных клиентов, а также и база с интересующимися клиентами.
3.3	Стимулирование сбыта	Предполагается введение системы скидок: от 100 тыс. рублей – 3%, от 150 тыс. руб – 5% и так далее до 15%
4.	Распределение	Контакт с клиентами устанавливается напрямую без посредников.

4 Социальная ответственность

В данном разделе проведен анализ вредных и опасных факторов труда, приводится описание вопросов санитарных норм и правил процесса эксплуатации разрабатываемой системы. Исследуются вредные и опасные факторы среды. Рассматриваются вопросы охраны окружающей среды. Также проведено исследование возможных чрезвычайных ситуации и действий, выполняемых сотрудником при возникновении ЧС.

Разрабатываемое приложение будет использоваться в медицине. Потенциальными пользователями могут быть различные медицинские учреждения, которые специализируются на обследовании центральной нервной системы человека. Доступ к приложению осуществляется с персонального компьютера.

Данная разработка отличается высокой скоростью проведения исследований и не требует забора биологических жидкостей и контакта с оборудованием, что сказывается на повышении пропускной способности обследуемых за короткий промежуток времени. Преимущества проведения диагностики методом пупиллометрии способствует применению такого метода при массовых обследованиях и позволяет сделать диагностику ЦНС человека объективной, быстрой и дешевой.

В качестве места выполнения выступает производственное помещение с размером 20 кв. м, где рабочее место представляет из себя стол со стулом и персональный компьютер с клавиатурой и мышью. Осуществляемые рабочие процессы – разработка и тестирование сервисов системы.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.2 Правовые нормы трудового законодательства

При организации рабочего места с ПК необходимо учитывать требования безопасности, промышленных санитарных норм, эргономики и технической эстетики.

В соответствии с Трудовым кодексом РФ 197-ФЗ [1] предусмотрена рациональная организация труда в течение смены, согласно которой:

- длительность рабочей смены должна быть не более 8 часов;
- продолжительность рабочего времени не должна превышать 40 часов в неделю;
- должны быть установлены два регламентируемых перерыва - не менее 20 минут после 1-2 часов работы или не менее 30 минут после 2 часов работы;
- обеденный перерыв должен быть не менее 40 минут, может быть скользящим в течение рабочей смены.

Продолжительность непрерывной работы за компьютерным устройством, без регламентированного перерыва, не должна превышать 2 часов. Длительность регламентированных перерывов составляет 20 минут (после 1,5 – 2,0 часа от начала рабочей смены и обеденного перерыва).

Во время регламентированных перерывов целесообразно выполнять комплексы упражнений и осуществлять проветривание помещения.

4.3 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны

Рабочее место должно быть организовано с учетом требований ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» [2].

Выполнение требований на данном рабочем месте отражено в таблице 16, согласно ГОСТ 12.2.032-78.

Таблица 16 – Требования к организации рабочего места при работе с ПЭВМ

Требование	Требуемое значение	Значение параметров на рабочем месте
Площадь на одно рабочее место	Не менее 6 м ²	7м ²
Высота рабочей поверхности стола	Регулируемая высота (680-800мм) Нерегулируемая высота (725мм)	Нерегулируемая высота (750 мм)
Рабочий стул	Подъемно-поворотный, регулируемый по высоте и углу наклона спинки	Соответствует
Расположение монитора от глаз пользователя	600-700мм	Соответствует
Высота экрана над полом	900-1280 мм	Соответствует (1000мм)

При выполнении ВКР на представленном рабочем месте нарушений правовых и организационных норм не было, рабочее место оборудовано согласно эргономическим нормам, организация рабочего времени согласно регламентированным нормам.

4.4 Производственная безопасность

Производственные факторы согласно ГОСТ 12.0.003-2015 подразделяются на вредные и опасные. Вредным производственным фактором является фактор, воздействие которого приводит к заболеванию или снижению работоспособности. Опасным производственным фактором называется фактор, воздействие которого приводит к травме или резкому ухудшению здоровья.

В процессе разработки системы может оказываться воздействие вредных и опасных факторов. Перечень факторов, характерных для объекта исследования представлен в таблице 17.

Таблица 17 –Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте с ПК

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения.	СП 52.13330.2016. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий
Повышенный уровень шума на рабочем месте.	СНиП 23-03-2003. Защита от шума.
Показатели микроклимата воздушной среды на местонахождении работающего: температура и относительная влажность воздуха.	ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
Монотонность труда, вызывающая монотонию	ГОСТ Р ИСО 10075-1-2019 «Эргономические принципы обеспечения адекватности умственной нагрузки»
Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которых попадает работающий (поражение электрическим током, повышенная напряженность электрического поля).	ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов

4.4.1 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

Недостаточное освещение вызывает зрительный дискомфорт, выражающийся в ощущении неудобства или напряженности. Длительное пребывание в условиях зрительного дискомфорта приводит к отвлечению внимания, уменьшению сосредоточенности, зрительному и общему утомлению. Кроме создания зрительного комфорта свет оказывает на человека психологическое, физиологическое и эстетическое воздействие. Неудовлетворительная освещенность в рабочей зоне может являться причиной снижения производительности и качества труда, получения травм.

Для комфортной работы сотрудника необходимо отсутствие пульсации света, обеспечение достаточной контрастности в цветопередаче монитора, отсутствие бликов на поверхностях оборудования, а также соответствующее направление светового потока и его спектр.

Согласно СП 52.13330.2016 [3] зрительную работу инженера-программиста можно характеризовать как работу разряда Б – высокой точности, потому необходимо чтобы параметры освещенности рабочего места соответствовали требованиям, представленным в таблице 18.

Таблица 18 – Требования к освещению производственных помещений при зрительной работе высокой точности

Искусственное освещение			
Освещенность на рабочей поверхности при системе общего освещения	Освещенность на рабочей поверхности при системе комбинированного освещения	Объединенный показатель дискомфорта, не более	Коэффициент пульсации освещенности, Кп, %, не более
400	1000	25	15

Основными профилактическими мероприятиями являются: правильно спроектированное и рационально выполненное освещение производственных помещений, рациональные режимы труда и отдыха, лечебно-профилактические меры, а также организация и проведение обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров.

4.4.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте

Шум является одним из важных факторов, влияющих на качество выполняемой работы. Источником шума может служить система охлаждения компьютера, шум от ламп, принтеры, сканеры, вентиляторы.

Шум на рабочем месте оказывает раздражающее влияние на работника, повышает его утомляемость, а при выполнении задач, требующих внимания и сосредоточенности, способен привести к росту ошибок и увеличению продолжительности выполнения задания. Более того, внезапные шумы высокой интенсивности, даже кратковременные (взрывы, удары и т.п.), могут вызвать как острые нейросенсорные эффекты (головокружение, звон в ушах, снижение слуха), так и физические повреждения (разрыв барабанной перепонки с кровотечением, поражения среднего уха и улитки). Уровень шума на рабочих местах разработчика не должен превышать значений, установленных в СНиП 23-03-2003 (п. 6) и составлять не более 65 [4].

Для снижения шума применяют специализированные звукоизолирующие устройства такие как: шумоизолирующие перегородки, наушники, беруши.

Исследования, проведенные на рабочем месте, показали значение в 53 дБ, что является ниже допустимого уровня шума в 65 дБ, внедрение систем защиты от шума является нецелесообразной.

4.4.3 Показатели микроклимата воздушной среды на местонахождении работающего: температура и относительная влажность воздуха

Изменения в микроклимате рабочего помещения могут вызвать внешние погодные условия за окном, отключение или подключение отопления, вентиляция, использование персональных компьютеров. Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

Отклонение показателей микроклимата ведет к возникновению общих или локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности человека.

Нормативные показатели микроклимата регламентируются ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Работы, осуществляемые на рабочих местах для оператора ЭВМ, относятся к категории Ia. Работа производится сидя и сопровождается незначительным физическим напряжением. Таким образом, для данной категории работ оптимальные величины показателей микроклимата представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Оптимальные параметры микроклимата на рабочем месте

Период года	Оптимальная температура воздуха, °С	Допустимая температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22-24	21-25	40-60	0,1
Тёплый	23-25	22-28	40-60	0,2

При температуре воздуха на рабочих местах ниже допустимых величин в целях профилактики переохлаждения необходимо проводить

профилактические меры: тамбуры перед входом, утепление окон и дверей, соответствующее устройство стен и перекрытий. У наружных дверей необходимо устраивать тепловые воздушные завесы. Необходимо обеспечить работу общих приточных вентиляционных систем с подогревом подаваемого воздуха. При температуре воздуха выше допустимых необходимо регулировать работу вентиляционных систем.

4.4.4 Монотонность труда, вызывающая монотонию

Длительное взаимодействие с персональным компьютером для разработки программного обеспечения является монотонным трудом, который может вызвать монотонию.

Согласно ГОСТ Р ИСО 10075-1-2019 «Эргономические принципы обеспечения адекватности умственной нагрузки» [5] монотония – медленно развивающееся состояние пониженной активизации, возникающее при длительном выполнении однообразных, повторяющихся заданий, в основном проявляющееся в виде сонливости, утомления, снижения или колебания работоспособности, снижения адаптируемости и восприимчивости, а также сопровождающееся повышением изменчивости частоты сердечных сокращений.

Для избежания монотонности труда осуществляются следующие процедуры:

- введение перерывов для отдыха;
- обеспечение доступа к общению с коллегами по работе;
- обеспечение соответствующего освещения;
- расширение поля внимания, например, с помощью более сложных задач;
- повышение разнообразия работы;
- обеспечение возможностей для физической активности;
- обеспечение возможностей для изменения задач.

4.5 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которых попадает работающий (поражение электрическим током, повышенная напряженность электрического поля).

Персональный компьютер представляет для человека существенную потенциальную опасность, так как человек может коснуться до различных неисправных комплектующих персонального компьютера, непосредственно находящихся под высоким напряжением. При работе с компьютером возможно поражение электрическим током, что ведет к появлению ожогов, нагреву сосудов, механическим повреждениям тканей и сосудов, раздражающим воздействиям на ткани.

Общие требования по электробезопасности представлены в ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ.

Для того, чтобы защититься от поражения электрическим током, необходимо:

- обеспечить недоступность токоведущих частей от случайных прикосновений;
- электрическое разделение цепи;
- устранить опасности поражения при проявлении напряжения на разных частях.

Помещение, где разрабатывалось серверное приложение принадлежит к категории помещений без повышенной опасности по степени вероятности поражения электрическим током.

4.6 Экологическая безопасность

Разработка данного программного обеспечения не оказывает влияния на окружающую среду, так как разрабатывается и используется внутри ЭВМ. Следовательно, загрязнение селитебной зоны, гидросферы и атмосферы не происходит. Однако может быть некоторое влияние на литосферу

посредством неправильно утилизированных различных комплектующих персонального компьютера, периферийных устройств. Также источником загрязнения может стать неправильно утилизированные печатные бумажные материалы, расходные части печатающих устройств.

Утилизация компьютерной и организационной техники ограничена законодательно, так как в производстве такой техники используется большое количество материалов, способных нанести большой вред окружающей среде. Главными нормативными актами, регулирующими вопрос утилизации ноутбуков, являются федеральные законы РФ «Об охране окружающей среды» и «Об отходах производства и потребления». Утилизация компьютерного оборудования происходит через обязательное извлечение компонентов, их сортировку и последующую отправку для повторного использования. Такая утилизация происходит обязательно с привлечением квалифицированного персонала.

4.7 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Возможными чрезвычайными ситуациями могут быть:

- техногенные (пожар, внезапное обрушение здания, аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения населения);
- биологические (эпидемия, пандемия и т.п.);
- социальные (терроризм, война).

Наиболее вероятная чрезвычайная ситуация – это возгорание.

Наиболее частыми причинами возгорания на рабочих местах с ПК являются:

- короткое замыкание;
- опасная перегрузка сетей, которая ведет за собой сильный нагрев токоведущих частей и загорание изоляции;
- пуск оборудования после некорректного и неквалифицированного ремонта;

– курение в неположенном месте

Для предотвращения ЧС необходимо соблюдать правила пожарной безопасности, чтобы обеспечить состояние защищенности работников и имущества от пожара. Для защиты от коротких замыканий и перегрузок необходимо правильно выбирать, устанавливать и использовать электрические сети и средства автоматизации.

Класс возможного пожара – В. Рекомендуемые средства тушения пожара: пены на основе специальных пенообразователей, устойчивые к действию полярных жидкостей, тонкораспыленная вода, хладоны, огнетушащие порошки общего назначения, аэрозольное пожаротушение, создаваемое сжиганием аэрозолеобразующих составов.

В случае возникновения возгорания, необходимо вызвать пожарную службу по телефону 112 и сообщить место возникновения ЧС, предпринять меры по эвакуации работников в соответствии с планом эвакуации. При отсутствии прямых угроз здоровью и жизни произвести попытку тушения возникшего возгорания имеющимися углекислотными огнетушителями. В случае потери контроля над пожаром, необходимо эвакуироваться вслед за сотрудниками по плану эвакуации и ждать приезда специалистов пожарной службы.

Вывод по разделу

В результате работы по данному разделу были выявлены основные акты для обеспечения безопасности жизнедеятельности в ходе выполнения ВКР. Были установлены параметры освещения, уровня шума, микроклимата на рабочем месте в соответствии с рекомендуемыми значениями.

Рабочее место, использованное при разработке системы, находится в помещении без повышенной опасности, удовлетворяет всем требованиям безопасности, правилам и нормам, необходимым работнику категории Ia. Группа персонала по электробезопасности – I. Помещение по критерию пожарной опасности относится к категории В, по оказанию негативного

воздействия на окружающую среду к категории IV. Уровень шума находится в допустимом диапазоне. Микроклиматические условия соблюдаются за счет системы отопления в холодное время и проветривания в теплое время. Защита от воздействия электрического тока обеспечивается путем проверки состояния рабочего места с ПК и соблюдения правил безопасности при работе с ним.

Благодаря этому сохраняется эффективность работы за ПК в течение рабочего дня.

Заключение

Метод пупиллометрии является точным и достаточно эффективным способом для оценки состояния центральной нервной системы на наличие различных отклонений.

В работе была сформирована и реализована аппаратная часть устройства и описаны достаточные условия, при которых повысилась точность детектирования зрачков.

Были проанализированы три разных алгоритма распознавания зрачка на изображениях поступающего видеопотока. На основании тестирования был выбран и оптимизирован алгоритм с адаптивной настройкой порога серого при котором удалось свести к минимуму участие человека, однако для достижения лучших результатов распознавания требуется соблюдение прописанных рекомендаций.

Проанализирована точность распознавания предложенного алгоритма в конкретных изображениях и в кадрах видеопотока.

Также был проанализирован видеоряд с кадрами для построения пупиллограммы. Были вычислены 4 параметра пупиллограммы и сверены с данными из диссертации Куцало А.Л на отсутствие различных отклонений у человека.

Результирующий программно-аппаратный комплекс предлагает возможность детектирования зрачков и измеряет его характеристики. Может быть использован в составе устройств, требующих проведения оценки центральной нервной системы методом пупиллометрии.

Список использованных источников

1. Радужная оболочка глаза, строение [Электронный ресурс]. URL: <http://zrenue.com/anatomija-glaza/40-raduzhka/345-raduzhnaja-obolochka-glaza-raduzhka-stroenie.html> (Дата обращения: 22.04.2022)
2. Зрачок // Глазная клиника. [Электронный ресурс]. – URL: https://belikova.ru/encyclopedia/stroenie_glaza/zrachok/ (дата обращения: 03.05.2022).
3. Пупиллометрия // Большая медицинская энциклопедия. [Электронный ресурс]. – URL: <http://бмэ.орг/index.php/> пупиллометрия (дата обращения 25.03.2022)
4. Куцало А.Л. Пупиллометрия в качестве метода экспресс-диагностики наркотической интоксикации: диссертация кандидата медицинских наук: 14.00.20 /: Институт токсикологии. - Санкт-Петербург, 2004. - 118 с.: 40 ил. РГБ ОД)
5. Хронический стресс как фактор нарушений психофизиологических и нейровегетативных функций [Электронный ресурс]. URL: <https://rykovodstvo.ru/remont/50122/index.html?page=5> (Дата обращения: 22.04.2022)
6. Способ пупиллографии [Электронный ресурс]. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2197169C2/ru> (Дата обращения: 22.04.2022)
7. Шпак А.А. Оптическая биометрия на приборе IOLMaster 700 у пациентов с макулярной патологией // Российская Офтальмология. – 2017. – С.6-1. – URL: <https://eyepress.ru/article.aspx?24813>
8. Aladdin HW3.0 – система оптической биометрии [Электронный ресурс]. URL: <http://mswestfalia.com/ru/topcon/topcon-products/diagnostics/aladdin-hw3-0> (дата обращения 15.04.2022).
9. Диапазоны излучения и вещество [Электронный ресурс]. URL: <https://elementy.ru/posters/spectrum/diapasons> (дата обращения 15.05.2022)

10. Айтрекинг [Электронный ресурс]. URL: <https://cmi.to/айтрекинг> (дата обращения 16.05.2022)
11. Азаров Д. М., Гильмутдинов М. Р. Разработка и исследование метода распознавания объектов на базе алгоритма Виолы-Джонса. [Электронный ресурс]. URL: http://oxozle.com/files/builtin/papers/azarov_development_and_research_of_object_recognition_method_based_on_viola_jones_algorithm.pdf. (дата обращения 01.04.2022).
12. OpenCV шаг за шагом. Обработка изображения - операторы Собеля и Лапласа//robocraft.ru. [Электронный ресурс]. URL: <http://robocraft.ru/blog/computervision/460.html> (дата обращения 02.04.2022).
13. Кудрина М.А. Использование преобразования Хафа для обнаружения прямых линий и окружностей на изображении//ssc.smr.ru. [Электронный ресурс]. URL: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2014/2014_4_476_478.pdf (дата обращения 05.04.2022).
14. RANSAC//Википедия. [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/RANSAC> (дата обращения 05.04.2022)
15. OpenCV шаг за шагом. Обработка изображения - детектор границ Кенни (Canny)// robocraft.ru. [Электронный ресурс]. URL: <http://robocraft.ru/blog/computervision/484.html> (дата обращения 08.04.2022)
16. Фрид, А. И. Применение библиотеки AForge.NET и ее расширения Accord.NET Framework при распознавании лиц в режиме реального времени / А. И. Фрид, С. Ф. Галеев. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2017. – № 20 (154). – С. 85-88. – URL: <https://moluch.ru/archive/154/43602/> (дата обращения: 03.05.2022).
17. Матвеев И.А. Методы и алгоритмы автоматической обработки изображений радужной оболочки глаза: диссертация. доктора технических наук. – М., 2014. – 209 с
18. Ахметвалеев, А.М. Нейросетевое моделирование функционального состояния человека на примере диагностики зрачкового рефлекса // Проблемы анализа и моделирования региональных

социальноэкономических процессов: материалы докладов VII Международной очной научно-практической конференции. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2017. – С. 37-41.

19. Бакуткин И.В. Возможности хромопупиллометрии в оценке функционального состояния органа зрения / И. В. Бакуткин, В. В. Бакуткин // Медицина труда и промышленная экология. – 2015. – № 9, ч. 1. – С. 30- 31

20. Большаков А.А., Лобанов В.В., Бакуткин В.В., Радченко М.А. Разработка бесконтактного прибора для экспресс-диагностики наркотической интоксикации // Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине: сб. статей по материалам Всероссийской молодежной конференции. СГУ им. Н.Г. Чернышевского. – Саратов, 2012. – С. 233-236

21. Кальницкая В.Е., Погребной А.И. Особенности реакции организма подростков, употребляющих психоактивные вещества (по данным пупиллометрии) // Актуальные вопросы физической культуры и спорта. – 2008. – Т. 10. – С. 124- 128

22. Рынок медицинских изделий в России. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.centrattek.ru/info/rynok-medicinskih-izdelij-v-rossii-i-zarubezhom/> свободный (дата обращения 27.05.2022)

23. Рынок частной медицины в России. // РБК: [Электронный ресурс]. – URL: <https://marketing.rbc.ru/articles/11332/> (дата обращения: 27.05.2022).

24. Тарасенко, Е. А. Рынок частной медицины в России: Взгляд маркетолога // Cyberleninka: [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rynok-chastnoy-meditsiny-v-rossii-vzglyad-marketologa> (дата обращения: 29.05.2022).

25. Прогноз рынка офтальмологии в России. // ГидМаркет: [Электронный ресурс]. – URL: <https://gidmark.ru/cat1/prognoz-razvitiya-rynka-oftalmologii-v-usloviyah-tekuchshego-ekonomicheskogo-krizisa-v-svyazi-s-rasprostraneniem-covid-19> (дата обращения: 30.05.2022).

26. Золовая, Е. Н. Мировые тенденции медико-технической индустрии / Е. Н. Золовая.// Cyberleninka: [Электронный ресурс]. – URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/mirovye-tendentsii-mediko-tehnicheskoy-industrii>
(дата обращения: 02.06.2022).

27. Электронная коммерция в России // Adindex: [Электронный ресурс]. – URL: <https://adindex.ru/adindex-market/7/ecommerce/153781.phtml>
(дата обращения: 28.05.2022).

28. Ozon. – // Retail: [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.retail.ru/news/ozon-obyavil-operatsionnye-rezultaty-za-4-kvartal-i-2021-god-2-fevralya-2022-213383> (дата обращения: 02.06.2022).

29. Офтальмологическое Оборудование OASIS // Bimedis : [Электронный ресурс]. – URL: <https://bimedis.ru/catalog/oasis-ofthalmologicheskoe-oborudovanie-20612-36> (дата обращения: 27.05.2022).

30. Создание сайтов и бизнес-ориентированных программных решений // Glos: [Электронный ресурс]. – URL: <https://glos-trust.com/> (дата обращения: 02.06.2022).