

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОСИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ»
(СГУГиТ)

Кафедра прикладной информатики и информационных
систем

Выпускная квалификационная работа соответствует уста-
новленным требованиям и направляется в ГЭК для защиты

Заведующий кафедрой _____ Т. Ю. Бугакова

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Программа бакалавриата

09.03.02 – Информационные системы и технологии

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО
КОМПЛЕКСА ИНТЕРАКТИВНОЙ ТАКТИЛЬНОЙ
КАРТЫ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗ-
МОЖНОСТЯМИ ЗРЕНИЯ

Выпускник _____ М.В. Фролова

Руководитель _____ А.Г. Барлиани

Нормоконтролер _____ С.Ю. Кацко

Новосибирск – 2022

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОСИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ»
(СГУГиТ)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой _____ Т. Ю. Бугакова
« 03 » _____ мая _____ 2022 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

Обучающемуся Фроловой Маргарите Владимировне

Группа БИ-41 Институт геодезии и менеджмента

Направление подготовки 09.03.02 – Информационные системы и технологии

Тема ВКР _____

Руководитель Барлиани Амридон Гемзаевич

Ученое звание, ученая степень руководителя доцент, к.т.н.

Место работы, должность руководителя СГУГиТ, доцент каф. ПИиИС

Срок сдачи полностью оформленного задания на кафедру 31.05.2022

Задание на ВКР (перечень рассматриваемых вопросов):

1. Анализ предметной области.

2. Разработка программно-аппаратного комплекса.

3. Практическая реализация программного продукта.

Перечень графического материала с указанием основных чертежей и (или) иллюстративного материала (формат А1): нет

Исходные данные к ВКР (перечень основных материалов, собранных в период преддипломной практики или выданных руководителем) _____

Информационные, текстовые и графические материалы по теме ВКР

ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ ВКР

Номер этапа	Этапы ВКР	Срок исполнения
1	Оформление задания на ВКР	03.05.2022
2	Подбор литературы и исходных материалов	10.05.2022
3	Выполнение исследовательских, экспериментальных, расчетных работ (нужное подчеркнуть)	20.05.2022
4	Выполнение графических (иллюстративных) работ	22.05.2022
5	Текстовая часть ВКР (указать ориентировочные названия разделов и конкретные сроки их написания)	
	Название первого раздела	12.05.2022
	Название второго раздела	17.05.2022
	Название третьего раздела	22.05.2022
6	Первый просмотр руководителем	20.05.2022
7	Второй просмотр руководителем	27.05.2022
8	Срок сдачи ВКР на кафедру	11.06.2022

« 03 » _____ мая _____ 2022 г.

Руководитель_

Задание принял к исполнению и с графиком согласен_

РЕФЕРАТ

Фролова Маргарита Владимировна. Разработка программно-аппаратного комплекса интерактивной тактильной карты для людей с ограниченными возможностями зрения.

Место дипломирования: Сибирский государственный университет геосистем и технологий, кафедра прикладной информатики и информационных систем.

Руководитель – канд. техн. наук, доцент СГУГиТ Барлиани А.Г.

2022 г., 09.03.02 «Информационные системы и технологии», программа бакалавриата.

50 с., 1 табл., 35 рисунок, 15 источников, 1 приложение.

ТАКТИЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА, ТЕПЛОВАЯ КАРТА, ВИЗУАЛИЗАЦИЯ, ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС, PYTHON, ТАКТИЛЬНОЕ ВОСПРИЯТИЕ.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка программно-аппаратного комплекса интерактивной тактильной карты для людей с ограниченными возможностями зрения.

Для достижения поставленной цели были выбраны инструментальные средства разработки, рассмотрены и проанализированы несколько методов достижения цели работы. Разработан пользовательский интерфейс и реализованы функциональные алгоритмы программного обеспечения для визуализации тактильных исследований человека. Выполнено тестирование разработанного программного обеспечения и описаны их результаты.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ	8
1.1 Анализ проблем обучения незрячих и слабовидящих людей	8
1.2 Современные разработки для людей с ограниченными возможностями здоровья по зрению	10
1.3 Выбор инструментальных средств и технологий разработки	13
2 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТАКТИЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЧЕЛОВЕКА.....	17
2.1 Анализ технологий разработки	17
2.2 Трекинг рук в режиме реального времени	19
2.3 Визуализация тактильных исследований человека.....	22
2.4 Разработка интерфейса программной части комплекса визуализации.....	24
2.5 Подбор аппаратного обеспечения	28
3 ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА	31
3.1 Тестирование основного функционала модуля	31
3.2 Результаты тестирования	Ошибка! Закладка не определена.
3.3 Руководство пользователя по работе с модулем визуализации тактильных исследования человека	37
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	44
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	45
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) ПРОГРАММНЫЙ КОД ИНТЕРФЕЙСА	48

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время процессы обучения и адаптации людей с ограниченными возможностями зрительной функции, требующие использования сторонних материалов, нуждаются в модернизации [2, с.7].

Люди с ограниченными возможностями зрительной функции или люди с ограниченными возможностями здоровья по зрению (люди с ОВЗ по зрению) – это люди, имеющие какие-либо недостатки в развитии зрительной функции. К ним относятся слабовидящие люди с остротой зрения от 0.05 до 0.2 на лучше видящем глазу с коррекцией зрения посредством очков или линз, а также незрячие [2, с.3].

Для обеспечения полноты информации, получаемой незрячим или слабовидящим человеком, рядом с ним непрерывно должен находиться педагог или специализированный работник [2, с.10]. Согласно этому, в оценке качества обучения человека с ОВЗ по зрению присутствует человеческий фактор: педагог должен тщательно следить, какие фрагменты ассистивных обучаемых материалов и в какой мере исследовал ученик.

В современном мире одним из востребованных ассистивных средств для людей с ограничением зрительной функции являются рельефно-графические пособия, в том числе тактильные карты и планы, которые играют важную роль в обучении и социальной адаптации незрячих и слабовидящих граждан [1, с.4]. В настоящее время изготовление рельефно-графических материалов, в том числе тактильных карт и планов, выполняется с использованием успешно зарекомендовавших себя методов: печать на микрокапсульной рельефообразующей бумаге и УФ-отверждаемыми чернилами. В ходе всего занятия рядом с учеником находится тифлопедагог, который внимательно наблюдает за тактильными исследованиями ученика и корректирует его ход обучения [4, с.126]. Такой подход к обучению имеет определенные риски, основанные на человеческом факторе: у специалиста нет определенной опоры или статистических данных, основываясь на которые педагог мог бы подкреплять и подтверждать свои действия. Это обосновывается отсутствием блока сбора и анализа данных устройствах рельефно-графических пособий.

Люди с ограниченными возможностями здоровья по зрению нуждаются не только в поддержке и специализированных материалах для познания и изучения мира, но и в инновационных методах обучения [11 – 13, 15, с.1]. По этой причине разработка программных решений для тактильных карт является крайне актуальным направлением. Решением выявленной проблемы является разработка метода визуализации тактильных исследований человека для людей с ОВЗ. Это может вывести обучение и адаптацию людей с ограниченными возможностями зрения на новый уровень.

Таким образом, целью выпускной квалификационной работы является разработка программно-аппаратного модуля для визуализации тактильных исследований людей с ОВЗ по зрению.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать предметную область и выявить проблемную ситуацию при обучении и адаптации незрячих и слабовидящих людей;
- подобрать и обосновать инструментальные средства и технологии;
- выполнить разработку и тестирование программного обеспечения.

1 АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

1.1 Анализ проблем обучения незрячих и слабовидящих людей

В современном мире обучение в образовательных учреждениях, таких как школы, лицеи, гимназии, университеты, колледжи и пр., основано на делении обучающихся по группам (классам, потокам). На каждом уроке учитель доносит материал, контролируя степень изученности темы. Методы, используемые в общеобразовательных школах и ВУЗах предполагают, что обучающийся имеет возможность слышать, видеть и свободно взаимодействовать с окружающим его миром. Люди с ограниченными возможностями зрительной функции не могут в полной мере обучаться по стандартным методам в связи с особенностью восприятия визуальной информации. Для решения этой проблемы применяются различные ассистивные средства и технологии.

Ассистивные средства – это оборудование, программное обеспечение и услуги, использование которых способствует улучшению функционально - физиологических возможностей людей с ограниченными возможностями здоровья [1, с.4].

Для обучения и адаптации людей с ограниченной возможностью зрительной функции применяется такое ассистивное средство, как рельефно-графические пособия, а именно тактильные карты и мнемосхемы [8, с.2].

Рельефно-графические пособия – издания, выполненные рельефно-выпуклым способом.

Тактильные карты (рисунок 1)– это аналоговые карты, предназначенные для людей с ограничением зрительной функции и отражающие информацию посредством рельефных (выпуклых) условных знаков и шрифта системы Брайля.



Рисунок 1 – Тактильная карта

Тактильные мнемосхемы (рисунок 2) – это план помещения или территории, выполненный рельефно-графическим способом с применением шрифта системы Брайля, основная цель которых заключается в помощи слабовидящим и незрячим людям ориентироваться на местности и внутри здания. На них могут быть отображены как общий план или территории, так и отдельные помещения внутри здания [9, с.59].



Рисунок 2 – Тактильная мнемосхема

При работе с вышеперечисленными ассистивными средствами обучающийся получает информацию посредством тактильного восприятия. Оно включает в себя ряд сложных ощущений, таких как прикосновение, давление, и составляет в совокупности тактильное исследование человека.

Тактильное восприятие буквально означает способность "схватывать что-либо". Восприятие в этом случае достигается путем активного исследования поверхностей и предметов человеком при помощи подушечек пальцев.

Для контроля обучения или адаптации незрячего или слабовидящего человека рядом с ним во время этих процессов должен находиться тифлопедагог или специализированный преподаватель [3, с.14]. Все этапы познания мира он отслеживает тактильные исследования человека, анализирует их и основываясь на своём восприятии корректирует обучение. При этом есть место значительной погрешности, основанной на человеческом факторе. При малейшем отвлечении от ученика педагог может упустить фрагмент информации, который его подопечный пропустил или недостаточно подробно изучил. Это понижает качество и полноту адаптации и, в частности, обучения человека с нарушениями функций зрения. Большинство коррективов вносятся, опираясь на личные наблюдения преподавателя. Для объективной оценки качества и количества получаемой информации ему не хватает опорных практических результатов, которыми могли бы послужить визуализированные тактильные исследования.

Разработка универсального программно-аппаратного модуля для визуализации тактильных исследований человека сможет обеспечить тифлопедагога или специализированного преподавателя той опорой, ссылаясь на которую можно более точно скорректировать процессы обучения и адаптации человека с нарушением зрительной функции.

1.2 Современные разработки для людей с ограниченными возможностями здоровья по зрению

Умные часы Dot Watch (рисунок 3). Это умные часы со шрифтом Брайля для

слабовидящих, которые синхронизируются с телефоном. Гаджет разработан южно-корейским брендом Dot Incorporation и поступил в продажу в 2017 году. Он подаёт тактильную информацию, позволяет выставлять таймер или секундомер и всегда быть на связи с близкими. Каждое текстовое сообщение, которое приходит на смартфон, мгновенно переводится на шрифт Брайля и пересылается в Dot Watch. Когда человек получает звонок, часы вибрируют и отображают имя звонящего.



Рисунок 3 – Умные часы Dot Watch

Схема работы часов проста: рельефно-точечные активные ячейки на корпусе из алюминия выдвигаются мотором, который питает литиевая батарейка (заряда хватает на семь дней). Скорость демонстрации слов или цифр – от 1 до 1 000 итераций в секунду.

Устройство является механическим и не имеет какого-либо программно-аппаратного комплекса или программного обеспечения.

Finger Reader (рисунок 4). Это инструмент для чтения текста от учёных из Массачусетского технологического института. Устройство создано для двух целей: с одной стороны, чтобы помочь слабовидящим людям воспринимать текстовую информацию в бумажных или электронных книгах, а с другой – чтобы переводить язык.

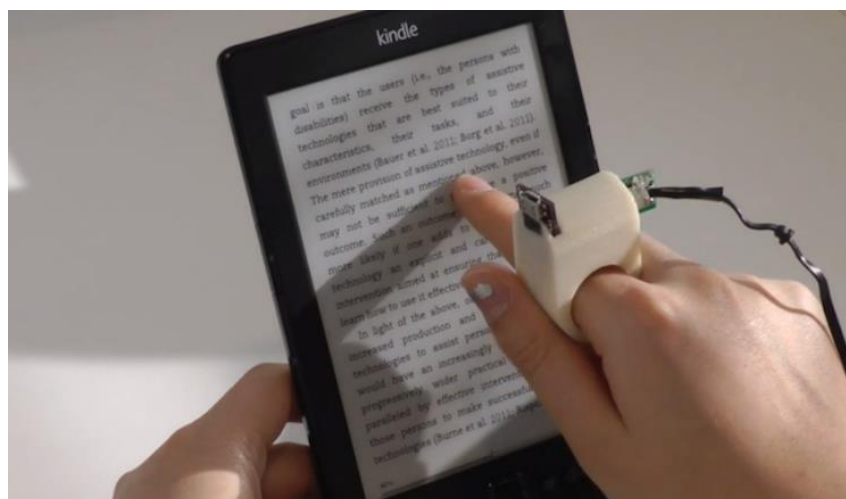


Рисунок 4 - Finger Reader

Гаджет подсоединяется к компьютерам и смартфонам и носится на пальце. Нужно проводить пальцем по телу текста, строчка за строчкой, и тогда миниатюрная камера просканирует данные и мгновенно озвучит всё, что обнаружит. С помощью вибраций Finger Reader может уведомлять слабовидящих читателей, что они находятся в начале строки или должны перейти на следующую строчку.

Устройство имеет внутреннее программное обеспечение, нацеленное на конвертацию печатного текста в речь.

Be my eyes. Это некоммерческое приложение ориентировано на людей с проблемами зрения и призвано избавить их от повседневных хлопот посредством живой видеосвязи. Программа работает по принципу онлайн-общения: нужно указать, являетесь ли вы волонтером или сами находитесь в поиске помощника, а после, зарегистрироваться.

Запросы от слабовидящих людей поступают разные: от обнаружения дорожных знаков до подсказок по выбору товара на полках. Волонтеры получают видеозвонки от пользователей из разных стран и действуют в соответствии с просьбой собеседника. В проекте Be My Eyes зарегистрировано несколько десятков тысяч человек. Программа работает на разных платформах и была сделана датской студией по разработке ПО – Robocat.

На сегодняшний день технологии прогресс и инновации всё чаще протягивают

руку помощи людям с ОВЗ. С каждым годом вспомогательных технологий для инвалидов становится всё больше, стремясь сделать особенности их восприятия мира вокруг менее заметными. Во всех рассмотренных, а также не затронутых разработках цел программного обеспечения – донести до незрячего или слабовидящего человека информацию. Но нет ни одного программного модуля, позволяющего учителям, тифлопедагогам или другим сторонним людям понять, какую информацию и в какой последовательности воспринимает человек с ОВЗ по зрению. Большинство разработок для людей данной категории стремятся передать им информацию. Но ни одно из этих приложений не может предоставить какие-либо статистические данные, показывающие полноту и качество получаемой информации незрячим или слабовидящим. В ряде завершенных или текущих зарубежных и отечественных разработок модуля, предоставляющего сведения о получаемой информации человека с ограниченной зрительной функции, нет.

1.3 Выбор инструментальных средств и технологий разработки

Для отслеживания и визуализации тактильных исследований человека необходимо учитывать особенности их тактильного восприятия информации с ассистивных средств. Человек с ограниченными возможностями зрительной функции получает информацию с них при помощи подушечек пальцев (рисунок 5).

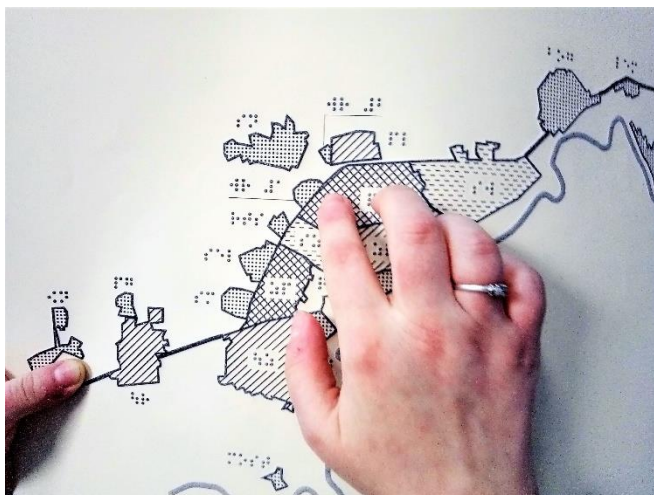


Рисунок 5 – Тактильные исследования человека

Проходясь ими по рельефно-графическим пособиям или шрифту Брайля, он считывает рельеф и, в следствии, изложенную им информацию [5, с.47]. Для того, чтобы в дальнейшем визуализировать эти исследования, нам необходимо отслеживать перемещения подушечек пальцев. Для решения этой задачи была выбрана технология искусственного интеллекта, а именно её подвид – компьютерное зрение, основанное на машинном обучении.

В целом, выделяются следующие требования для стека инструментальных средств:

- поддержка работы с компьютерным зрением;
- быстрая обработка потока кадров с видеоряда;
- хорошие показатели при автономной работе с видеорядом.

Для работы с компьютерным зрением на сегодняшний день используют такие языки программирования (ЯП), как C++, Java и Python. Каждый из них адаптирован под работу с компьютерным зрением благодаря общей библиотеке OpenCV, а также имеет свои особенности работы и способности, в связи с чем необходимо провести анализ и выбрать более подходящий язык для достижения нашей цели.

Java специализируется на мобильной Android-разработке, а так как необходимо реализовать комплекс, ориентированный на работу с полноценным компьютером – этот язык программирования нам изначально не подходит. Рассмотрим C++ и Python:

C++ (англ. C++) — компилируемый строго типизированный язык программирования общего назначения. Поддерживает разные парадигмы программирования: процедурную, обобщённую, функциональную; наибольшее внимание уделено поддержке объектно-ориентированного программирования.

Возможности языка программирования C++:

- поддержка объектно-ориентированного программирования через классы. C++ предоставляет все четыре возможности ООП — абстракцию, инкапсуляцию, наследование (в том числе и множественное) и полиморфизм.

- поддержка обобщённого программирования через шаблоны функций и классов;

- стандартная библиотека C++ состоит из стандартной библиотеки C (с некоторыми модификациями) и библиотеки шаблонов (Standard Template Library, STL), которая предоставляет обширный набор обобщенных контейнеров и алгоритмов;
- дополнительные типы данных;
- обработка исключений;
- виртуальные функции;
- пространства имён;
- встраиваемые (inline) функции;
- перегрузка (overloading) операторов;
- перегрузка имён функций;
- ссылки и операторы управления свободно распределяемой памятью.

К плюсам указанного языка относится возможность поддержки разных технологий и стилей программирования, предсказуемое выполнение программ, использование шаблонов. Касаясь работы с компьютерным зрением рассматриваемый язык имеет хорошие показатели при обработке отдельно взятого изображения. При работе с потоком кадров видеоряда показатели скорости обработки существенно падают, что относится к его недостаткам.

Python – это универсальный современный ЯП высокого уровня, к преимуществам которого относят высокую производительность программных решений и структурированный, хорошо читаемый код [7, с.7]. Синтаксис Python максимально облегчен, что позволяет выучить его за сравнительно короткое время. Ядро имеет очень удобную структуру, а широкий перечень встроенных библиотек позволяет применять внушительный набор полезных функций и возможностей. ЯП может использоваться для написания прикладных приложений, а также разработки WEB-сервисов.

Python может поддерживать широкий перечень стилей разработки приложений, в том числе, очень удобен для работы с ООП и функционального программирования.

Для работы с компьютерным зрением помимо библиотеки OpenCV для Python разработана надстройка CVZone. При использовании выявленной сборки Python

показывает хорошие результаты скорости и корректности обработки как при работе с отдельным изображением, так и при работе с непрерывным потоком кадров с видеоряда.

Таким образом, после анализа языков программирования, учитывая их достоинства и недостатки можно сделать вывод о том, что Python совместно с библиотекой OpenCV/CVZone удовлетворяют всем выявленным требованиям. Это обуславливается хорошими показателями при автономной работе технологии CV и минимальных задержках при обработке непрерывного потока кадров.

2 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТАКТИЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЧЕЛОВЕКА

2.1 Анализ технологий разработки

После анализа предметной области и выявлением проблемы необходимо понять, при помощи каких технологий возможно достигнуть цель работы.

Считывание и отслеживание тактильных исследований человека возможно реализовать двумя способами:

1. встраивание дополнительного оборудования (датчиком) в поверхность рельефно-графических пособий;
2. применение сторонних технологий для наружного анализа.

В первом случае необходимо модернизировать каждое из соответствующих средств датчиками касания. Для их корректной работы все тактильные датчики необходимо подключать к программированной плате посредством проводов. Для сокрытия, хранения и безопасного использования этой архитектуры необходимо изготовить специальную подложку в виде короба.

Каждый из тактильных датчиков будет отвечать за определенную область обучающего материала. При исследовании этой области, человек будет касаться датчиков подушечками пальцев. После этого, на плату отправляется сигнал, содержащий информацию о номере и местоположении датчика. Специализированное программное обеспечение, содержащееся на микроконтроллере, обрабатывает поступившую информацию и визуализирует исследуемую область.

Такой подход к отслеживанию и визуализации имеет некоторые недостатки:

1. высокие затраты. В каждое ассистивное средство необходимо встроить определенное количество датчиков и подключить микроконтроллер. Цена изготовления одного такого рельефно-графического пособия на уровень возрастёт в цене;
2. сложность реализации. Помимо недешевой модернизации каждого обучающего материала необходимо разработать и изготовить короб для хранения электроники, поместить в него плату и провести от неё проводку ко всем датчикам;

3. необходимость в тщательной апробации. Так как рельефно-графические пособия имеют различные размеры, необходимо подобрать оптимальное количество датчиков на определенную площадь обучающего материала. При этом необходимо учитывать особенности размаха кистей человека и вывести общие параметры;

4. погрешность в визуализации. Встраиваемые датчики отвечают за определенную область, это подразумевает то, что если человека касается датчика, то он охватывает всю область сразу. Такое, к сожалению, происходит не каждый раз. При касании датчика, например, мизинцем, человек может и вовсе обойти большую часть привязанной к нему области стороной. В программе же отобразится, что данная территория обучающего материала была исследована определенным образом.

После анализа и выявления перечисленных недостатков можно сделать вывод, что такой метод реализации программно-аппаратного комплекса непременно возможен, но несёт за собой увеличение как себестоимости изделия, так и усложнения процесса его изготовления.

Рассмотрим возможность разработки без модернизации ассистивных средств, но с привлечением сторонних технологий для наружного анализа, а именно подвид искусственного интеллекта – компьютерное зрение.

В современном мире компьютерное зрение входит во все сферы нашей жизни: умный дом, беспилотные автомобили, видеонаблюдение и пр. С каждым днём его популярность становится всё больше благодаря его особенности – умение различать не только цвета и объекты, но и тело человека. При его помощи можно не только определить часть тела человека по фотографии, но и отследить его перемещение по видеоряду.

При внедрении технологии компьютерного зрения в работу с ассистивными средствами, можно реализовать отслеживание кистей человека по видеоряду, построение скелета и определения местоположения каждой из подушечек пальцев. Для этого необходимо над рельефно-графическим пособием разместить веб-камеру и подключить ее к ПК или одноплатному компьютеру. При обнаружении кисти че-

ловека в поле своей видимости, программная часть комплекса будет получать пиксельное положение подушечек пальцев и визуализировать их. Это даст минимальную погрешность в конвертировании тактильных исследований в картинку.

Касаемо аппаратной части проекта закупка на каждое ассистивное средство веб-камеры и одноплатного компьютера не требуется. Необходимое обеспечение – по одному комплекту на каждого обучающегося в классе. Количество обучающихся высчитывается средним числом человек в классе. Если учреждение работает не с группами обучающихся, а в индивидуальном порядке – необходимое число аппаратного оборудования определяется средним или максимальным количеством учеником на одном занятии у всех тифлопедагогов. Оба варианта закупки выходя дешевле, чем при модернизации ассистивных средств посредством встраивания датчиков касания.

Таким образом, после рассмотрения двух вариантов достижения поставленной цели работы, более подходящим является привлечение сторонних технологий для наружного анализа. При его использовании ожидаются минимальные погрешности при визуализации, а также минимальные затраты на аппаратную часть проекта.

2.2 Трекинг рук в режиме реального времени

Для распознавания тактильных исследований применяется технология ИИ – компьютерное зрение. При её использовании можно распознать как полностью тело человека, так и его отдельные части (лицо, руки и пр.). В связи с особенностями обучения, адаптации и познания мира незрячими и слабовидящими, о которых говорилось в первой главе, для решения поставленной задачи подходит трекинг рук.

Трекинг – это метод определения местоположения каких-либо известных движущихся объектов посредством камеры.

Для реализации трекинга рук веб-камера располагается над поверхностью с ассистивными средствами и руками обучающегося. После начинается транслироваться непрерывный видеопоток, каждое изображение которого передаётся в так

называемый Hand Detector (алгоритм распознавания рук). На каждом кадре алгоритм ИИ ищет центр тыльной ли внутренней части ладони. Если такой был обнаружен, радиус поиска увеличивается от центра на определенный коэффициент и определяется 21 опорная точка на всей поверхности ладони (рис 6).



Рисунок 6 – Расположение опорных точек на поверхности ладони

В программу возвращается массив, содержащий полную информацию о распознанной руке, а именно:

1. принадлежность руки – правая или левая;
2. пиксельные координаты каждой распознанной опорной точки (по O_x и O_y);
3. изображение с отрисованной схемой скелета руки, включая 21 точку.

Как только была полностью распознана одна рука и алгоритм вернул в программу массив с соответствующей информацией, начинается аналогичный поиск второй ладони. Весь описанный процесс в точности повторяется и для неё.

После того, как алгоритм вернул нам один или два массива с информацией о распознанных руках, необходимо обработать и отсеять лишнюю информацию. При проведении тактильного исследования человек задействуют не всю руку, а исключительно подушечки пальцев. Основываясь на этом, для визуализации тактильных исследований необходимо использовать не все опорные точки, а только 10 – по пять точек с вершин (подушечек) пальцев каждой руки, а именно точки под номерами 4, 8, 12, 16 и 20. Из массива выбираются соответствующие данные и заносятся в матрицу, представленную двумерным массивом. Размерность массива соответствует разрешению кадру с видеопотока и равна 600×400 . Колонки сформирован-

ного массива отвечают за пиксели по вертикали, а строки – за пиксели по диагонали. Для наглядности назовём массивы, возвращаемые алгоритмом LH (left hand, левая рука) и RH (right hand, правая рука), а массив 600×400 – A.

Как только в программу из алгоритма ИИ поступает информация хотя бы об одной руке – начинается отбор пиксельных координат нужных точек. Программа выбирает из возвращенного массива LH/RH каждую точку и увеличивает соответствующее полученным координатам значение в массиве A.

Заполнение массива A идёт трёхфазным кругом, центром которого является пиксель, полученный из массивов LH/RH. Это обусловлено тем, что пиксель – чрезвычайно малая по сравнению с областью тактильного восприятия пальца. Для того, чтобы максимально приблизить визуализацию тактильных исследований к их реальному состоянию, трёхфазный круг (рисунок 7) делится на 3 области:

- центральная – область радиусом X, где $X \leq 3$ пикселя;
- средняя – область радиусом X, где $3 \text{ пикселя} < X \leq 6 \text{ пикселей}$;
- внешняя – область радиусом X, где $X > 6 \text{ пикселей}$.

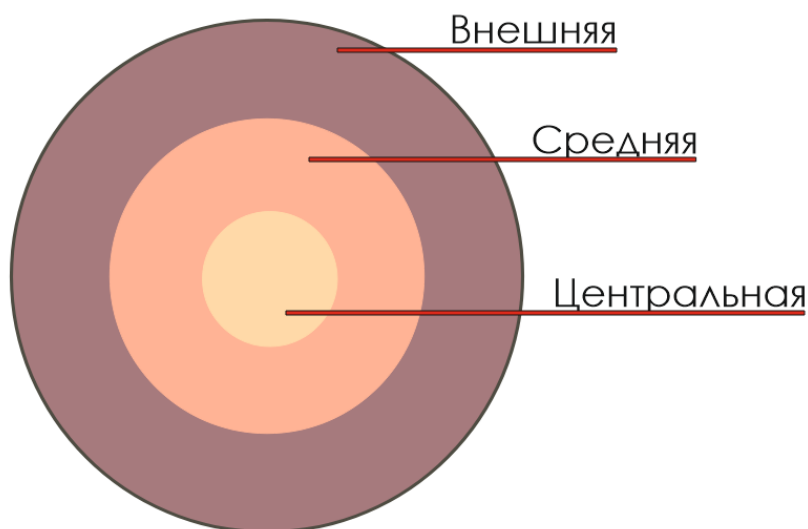


Рисунок 7 – Трёхфазный круг

Значения в этих областях увеличиваются по-разному, а именно: центральная область – каждый пиксель увеличивается на 7 единиц, средняя область – каждый пиксель увеличивает своё значение на 5 единиц, внешняя – на 3 единицы. Максимальное значение, которое может приобрести элемент массива A – 90 единиц. Если

при увеличении значения в пикселе его значение станет больше 90 – этого увеличения не происходит. Такое ограничение сделано для того, чтобы тепловая карта не «съедала» минимальные тактильные исследования, стараясь отразить самые интенсивные из них.

2.3 Визуализация тактильных исследований человека

Для максимально наглядного представления тактильных исследований человека необходимо выбрать метод визуализации данных.

Визуализация данных – это способ представления сложного в восприятии массива информации в том виде, который обеспечит его лёгкую оценку и понимание человеком.

В целом выделяют четыре основных метода визуализации данных (рисунок 8):

1. диаграммы;
2. графики;
3. блок-схемы;
4. матрицы.



Рисунок 8 – Примеры методов визуализации данных

Диаграммы – это способ визуализации данных, при котором отражается набор данных и связь между его составляющими.

Графики – это способ визуализации данных, при котором отражается зависимость данных друг от друга на координатной плоскости.

Блок-схемы – это способ визуализации информации, который показывает последовательность действий или этапов, их совместную взаимосвязь и структуру. В основном используется при отражении сценариев каких-либо событий.

Матрицы – это способ визуализации данных, в котором информация структурируется определенным образом и представляется в виде таблицы с числовыми значениями.

Также существуют такие приёмы как картограмма и инфографика, которые не рассматривались в связи с их принадлежностью к другой области.

Для максимально наглядного представления информации о передвижении рук был выбран метод тепловой карты, относящийся к виду матриц.

Тепловая карта – это графическое представление данных, где индивидуальные значения из DataFrame (таблицы, матрицы) отображаются при помощи цвета.

При визуализации тактильных исследований информация будет представлена в виде теплового градиента: при помощи цвета будут отображены все области ассистивного средства, где человек проводил подушечками пальцев. Изначально вся область обозначена фиолетовым цветом, что означает отсутствие тактильных исследований на этой территории. Далее, при обнаружении

В нашем случае, при помощи цвета будут отображены все области на тактильной карте, где человек проводил подушечками пальцев, градиентным тепловым способом: красным цветом отображаются участки карты, которые человек исследовал очень подробно, а синим – которые не затронул.

Для реализации описанного метода визуализации используется библиотека Matplotlib.

Matplotlib – библиотека на языке программирования Python для визуализации данных двумерной и трёхмерной графикой. Особенностью этой библиотеки является возможность использования интерполяции при построении тепловой карты. Это даёт возможность обеспечить плавные переходы между двумя соседними цветами при визуализации (рисунок 9).

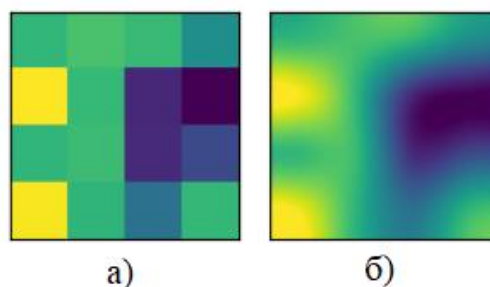


Рисунок 9 – Тепловая карта: а) без применения интерполяции; б) с применением интерполяции

Таким образом, визуализация тактильных исследований в виде тепловой карты даёт максимальную наглядность о их полноте и информативности.

2.4 Разработка интерфейса программной части комплекса визуализации

Для интерфейса разработаны следующие требования:

1. ёмкость (интерфейс не должен быть нагроможденным);
2. разбиение функций по вкладкам меню бара;
3. отдельная вкладка меню для запуска и остановки программы;
4. выносные инструменты для работы с тепловой картой;
5. отдельная вкладка меню для сохранения .png и лог-файлов;
6. большая рабочая область для отображения тепловой карты.

Разработана концептуальная модель интерфейса, представленная на рисунке 10:

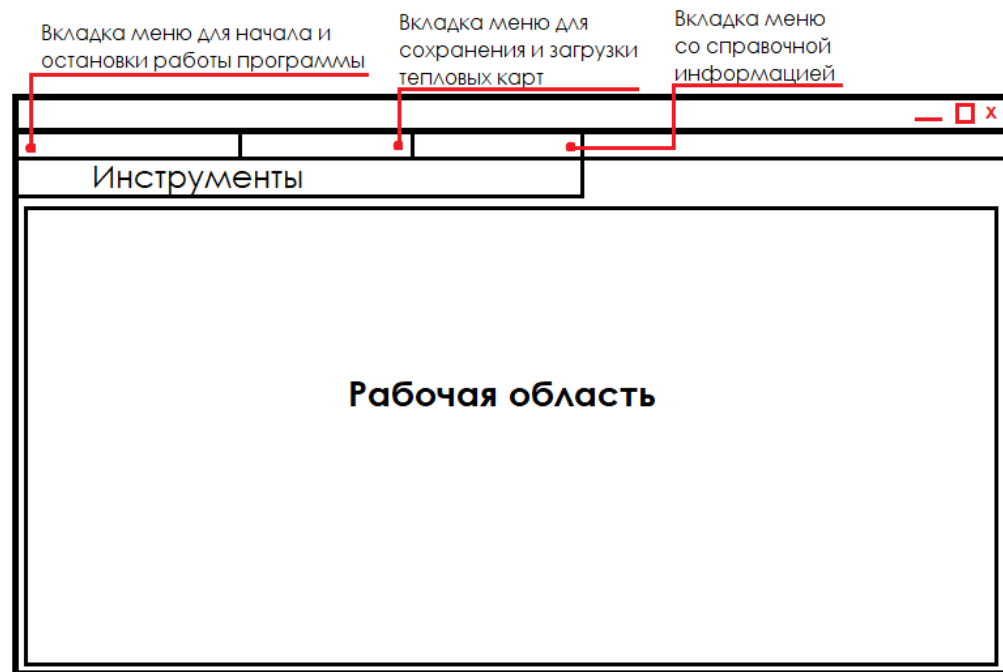


Рисунок 10 – Концептуальная модель интерфейса

Реализованный интерфейс программы представлен на рисунке 11:

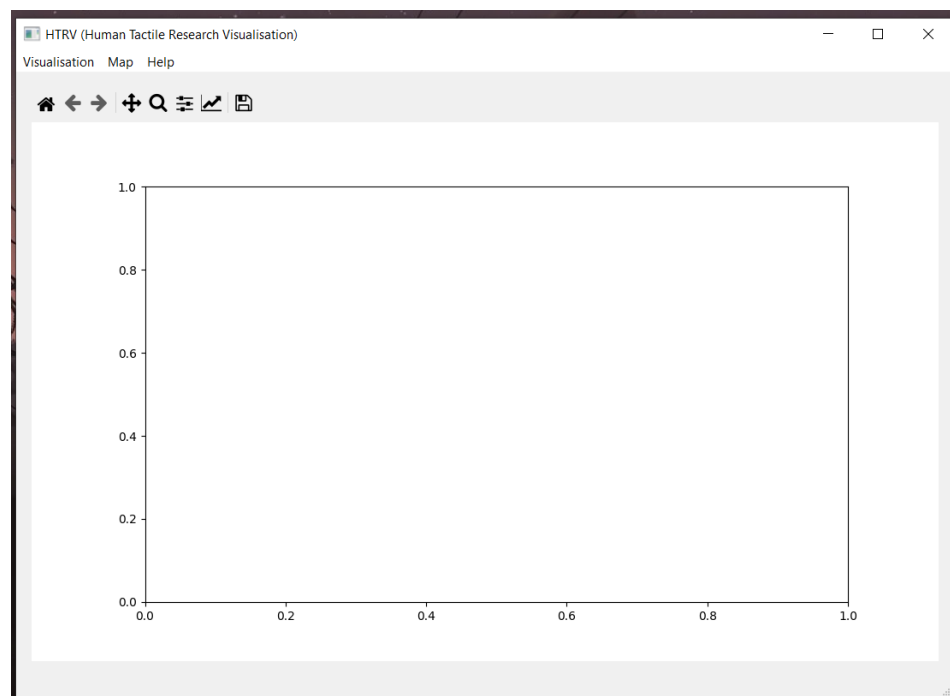


Рисунок 11 – Интерфейс программы

Весь интерфейс разделен на 2 зоны: зона верхнего меню и рабочая область. Зона верхнего меню содержит 3 вкладки:

– «Visualisation» – отвечает за запуск и остановку работы программы (рисунок 12). Включает в себя 2 подпункта: Start – запуск видеопотока, Stop – остановка видеопотока;

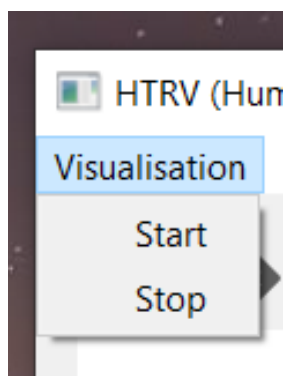


Рисунок 12 – Пункт меню «Visualisation»

– «Map» – отвечает за взаимодействие с построенной тепловой картой (рисунок 13). Включает в себя 4 подпункта: Save as log file – сохранение построенной тепловой карты в формате лог-файла, Save as PNG – сохранение в формате картинки с расширением .png, Download from log file – построение тепловой карты из матрицы выбранного лог-файла, Download from PNG – открытие построенной тепловой карты, сохраненной в формате .png;

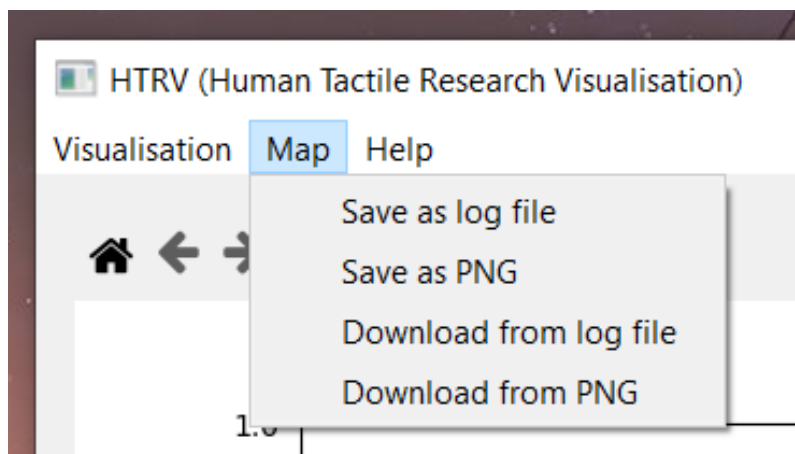


Рисунок 13 – Пункт меню «Map»

– «Help» (рисунок 14) – хранит в себе информацию об авторе (пункт About author) и руководство пользователя (пункт Guide).

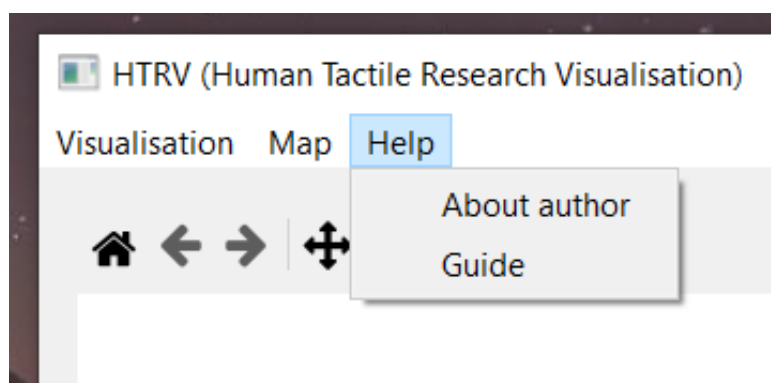


Рисунок 14 – Пункт меню «Help»

Зона рабочей области отвечает за непосредственно работу с тепловой картой и её отображение. В верхней части располагаются инструменты для работы с картой, а под ней – место для её построения и визуализации в рабочей области (рисунок 15).

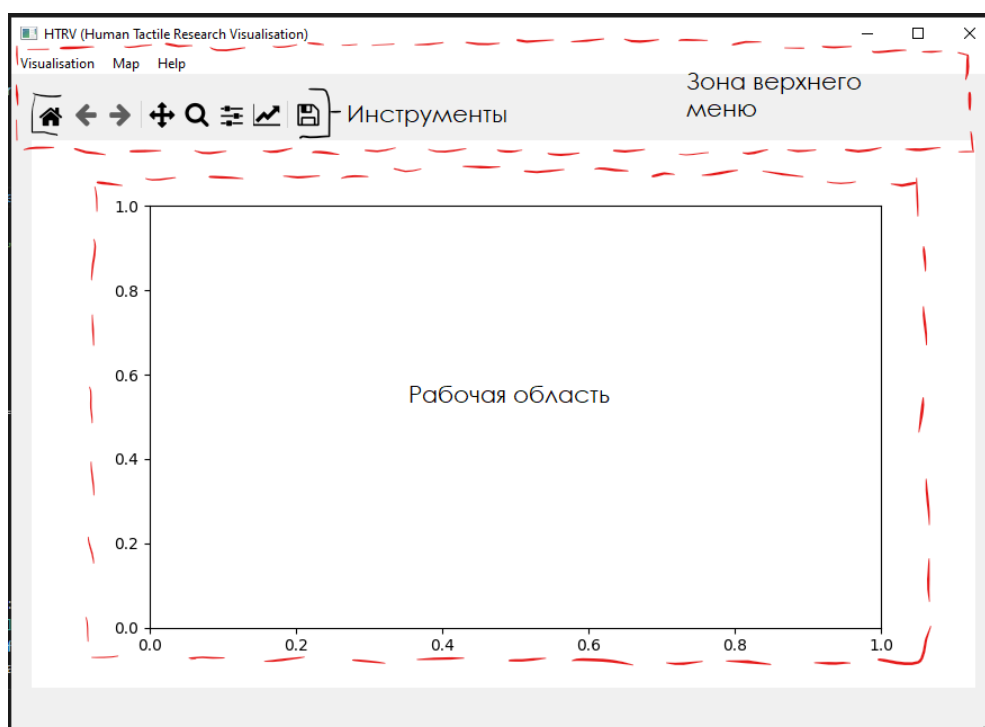


Рисунок 15 – Зона рабочей области

Инструменты (рисунок 16) включают в себя:

- «Лупа» – позволяет выбрать и увеличить область тепловой карты для более детального изучения;

- «Навигация» – позволяет передвигать изображение с тепловой картой по осям Ox и Oy ;
- «Шаг вперед» и «Шаг назад» – позволяет переключаться между последними изменениями, которые были произведены с тепловой картой;
- «Настройки внешнего вида» – позволяет оперировать с расположением и размером тепловой карты в рамках рабочей области;
- «Настройка осей» – позволяет оперировать с осями Ox и Oy ;
- «К начальному виду» – функция позволяет отменить все изменения и перейти к изначальному виду тепловой карты;
- «Сохранить» – быстрое сохранение тепловой карты в формате png.

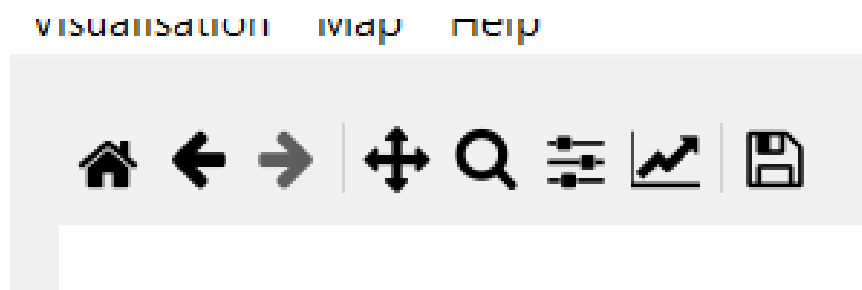


Рисунок 16 – Встроенные инструменты

2.5 Подбор аппаратного обеспечения

Для полноценной работы и отслеживания тактильных исследований человека веб-камера, с которой взаимодействует программа, должна располагаться над поверхностью с ассистивным средством и руками человека. Использование встроенной камеры ПК или ноутбука, расположенной на мониторе, не подойдет. Поэтому необходимо адаптировать работу программы на «выносной плате».

Для этих целей был выбран Raspberry Pi – это одноплатный компьютер, отличающийся небольшими размерами, 4-ядерным процессором и хорошей графической частью VideoCore. От всех одноплатных компьютеров и микроконтроллеров Raspberry отличается возможностью работы с камерой в версиях Pi 3 и Pi 4. Сравним их между собой (таблица 1):

Таблица 1 – Сравнение одноплатных компьютеров Raspberry Pi

Х а р а к т е р и с т и к и	Raspberry Pi 3	Raspberry Pi 4
П р о ц е с с о р	4-ядерный Broadcom BCM2837, 1,2 ГГц	4-ядерный Broadcom BCM2711, 1,5 ГГц
П а м я т ь	1 ГБ	До 8 ГБ
Bluetooth	BLE	Bluetooth 5.0
USB п о р т ы	4 x USB 2.0	2 x USB 3.0 2 x USB 2.0
Б е с п р о в о д н о е п о д к л ю ч е н и е	Да	Да, диапазон 2,4 ГГц & 5 ГГц
П о р т ы д и с п л е я	1 x HDMI 1 x DSI	2 x micro-HDMI 1 x DSI
И с т о ч н и к п и т а н и я	Micro-USB & GPIO до 2,5А	5 В постоянного тока через USB-C и GPIO (3 А)
С л о т Micro- SD	Да	Да

Таким образом, проведя сравнительный анализ можно сделать вывод, что для реализации аппаратной части проекта подходит версия Raspberry Pi 4 (рисунок 17). Это обусловлено достаточным объёмом оперативной памяти, что позволит реализовать полноценную работу с камерой и обработку видеоряда, а также достаточным количеством слотов для подключения.

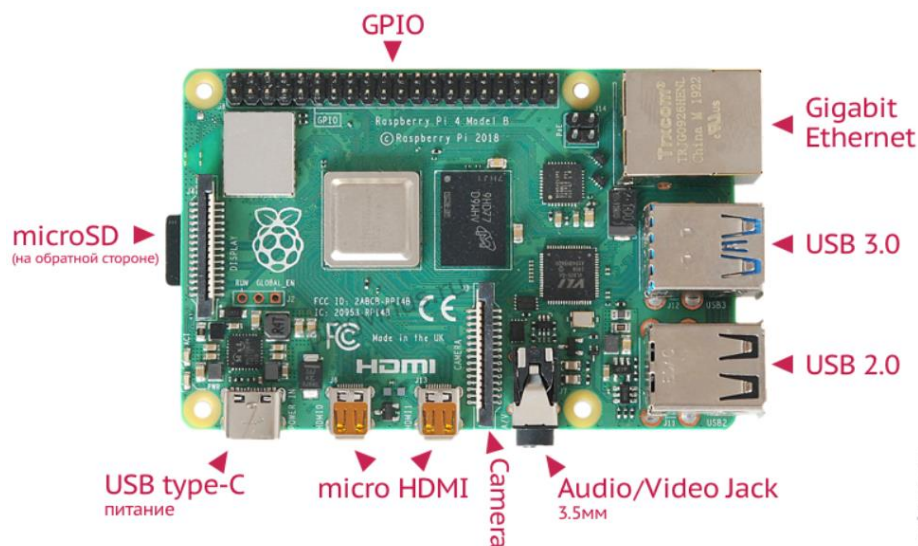


Рисунок 17 – Одноплатный компьютер Raspberry pi 4

Аппаратная часть проекта заключается в запуске программы на выбранном одноплатном компьютере. Концептуальная модель подключения всех компонентов комплекса для работы представлена на рисунке 18.

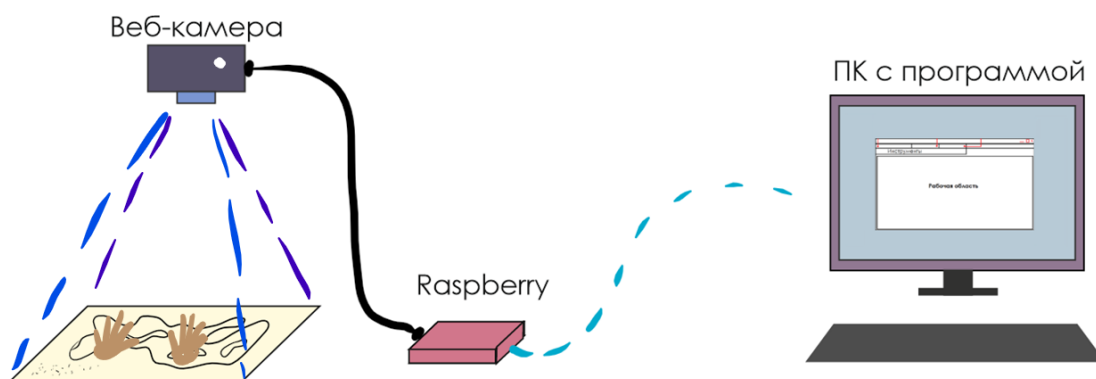


Рисунок 18 – Концептуальная модель подключения всех компонентов комплекса

К нему подключается веб-камера и располагается над полотном ассистивного средства. Вся работа по распознаванию тактильных исследований человека происходит автономно, то есть отдельно от персонального компьютера. Это существенно снизит затраты на обучение, так как при использовании встроенных камер в ПК или ноутбуки для каждого обучающегося необходимо было бы приобретать и запускать полноценный компьютер. Визуализация и отображение.

3 ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА

3.1 Подбор вида тестирования

Перед тем, как «передавать» программно-аппаратный комплекс пользователю, необходимо провести тестирование.

Тестирование ПО – это процесс испытания программного продукта с целью проверки соответствия между реальным и ожидаемым поведением программы.

Виды тестирования можно разделить на несколько групп:

- функциональное;
- нефункциональное;
- связанные с изменениями.

При функциональном тестировании проверяются функциональные требования, а именно:

- функциональная пригодность;
- точность;
- способность к взаимодействию;
- защищенность;
- соответствие стандартам и правилам.

При нефункциональном виде тестирования проверяются следующие требования:

- производительность;
- удобство пользования;
- портируемость;
- надёжность.

После проведения тестов и исправления ошибок для подтверждения работоспособности программы проводят так называемые тестирования, связанные с изменениями вида. В их ходе используются:

– Дымовое тестирование – короткий цикл проверок, направленный на подтверждение запуска и выполнения основного функционала программы.

Регрессивное тестирование – цикл проверок, направленный на подтверждение того факта, что неизменная функциональность приложения работает также, как до вмешательств.

Для тестирования разработанного программно-аппаратного комплекса были выбраны и подготовлены ряд функциональных тестов, направленных на проверку функциональной пригодности, точности и способности к взаимодействию.

3.2 Тестирование основного функционала комплекса

Для того, чтобы убедиться в полноценной работе разработанного модуля, проведём анализ и тестирование основного функционала.

Главной задачей разрабатываемого модуля является отслеживание и визуализация тактильных исследований человека. Для определения корректности необходимо протестировать, правильно ли программно-аппаратный комплекс определяет руки (кисти) человека в различных их положениях. Включим отображение видеопотока и проведём соответствующее тестирование.

Тест № 1 – Распознавание одной кисти. Перед камерой будет располагаться сначала левая рука, затем правая. Обе руки находятся в разных положениях. Программа возвращает обработанную картинку с видеопотока, на которой построен скелет. Визуально сравним построенный скелет с расположением кисти (рисунок 19 - 20).

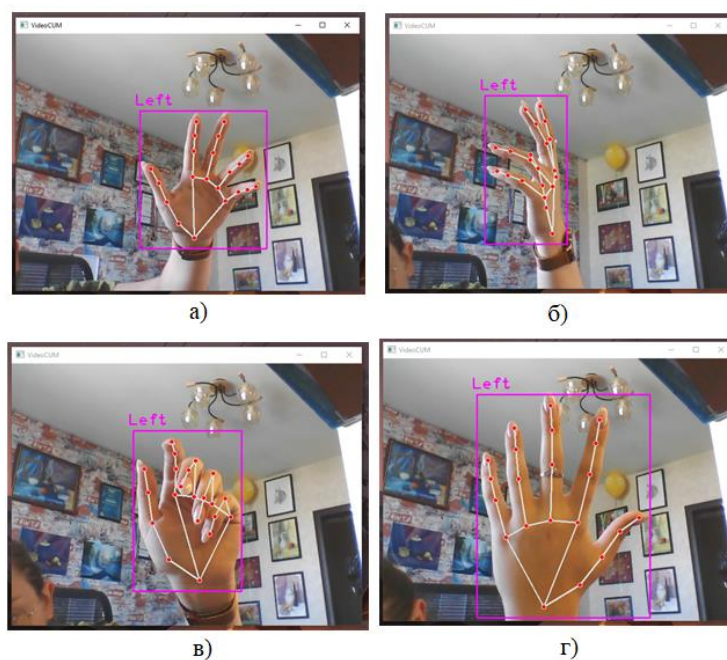


Рисунок 19 – Определение корректности построение скелета левой руки: а) прямая левая кисть, внутренняя сторона; б) ребро левой кисти; в) согнутые пальцы левой кисти, внутренняя сторона ладони; г) прямая левая кисть, тыльная сторона ладони.

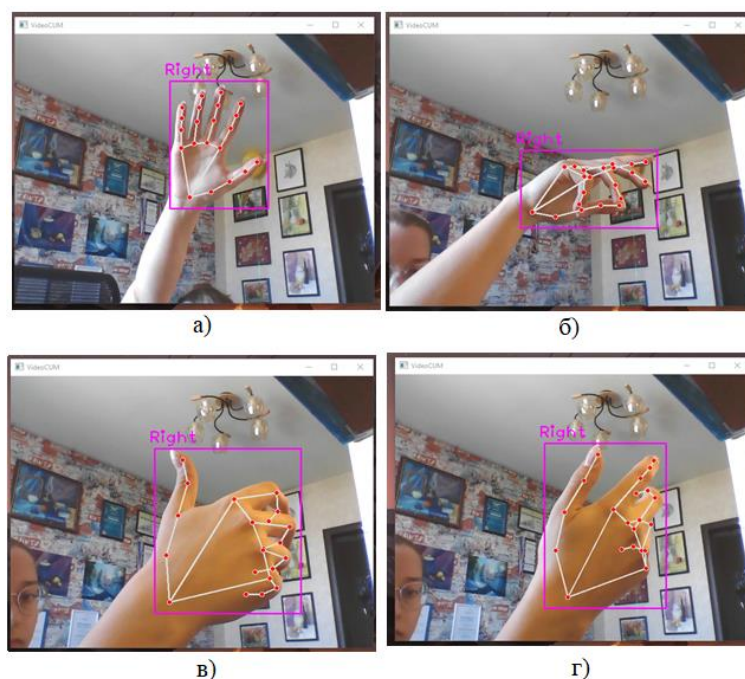


Рисунок 20 – Проверка определения и построения скелета правой руки: а) прямая правая кисть, внутренняя сторона; б) полузакрытое ребро правой кисти; в) тыльная сторона закрытой правой кисти; г) тыльная сторона полузакрытой правой кисти.

По результатам теста № 1 видно, что кисти распознаются корректно со всех рассмотренных ракурсов. Алгоритм работает корректно.

Проведём тест № 2 – распознавание двух рук одновременно. Перед камерой будут находиться две руки в разных положениях. Аналогично сравним скелеты с положением кистей (рисунок 21).

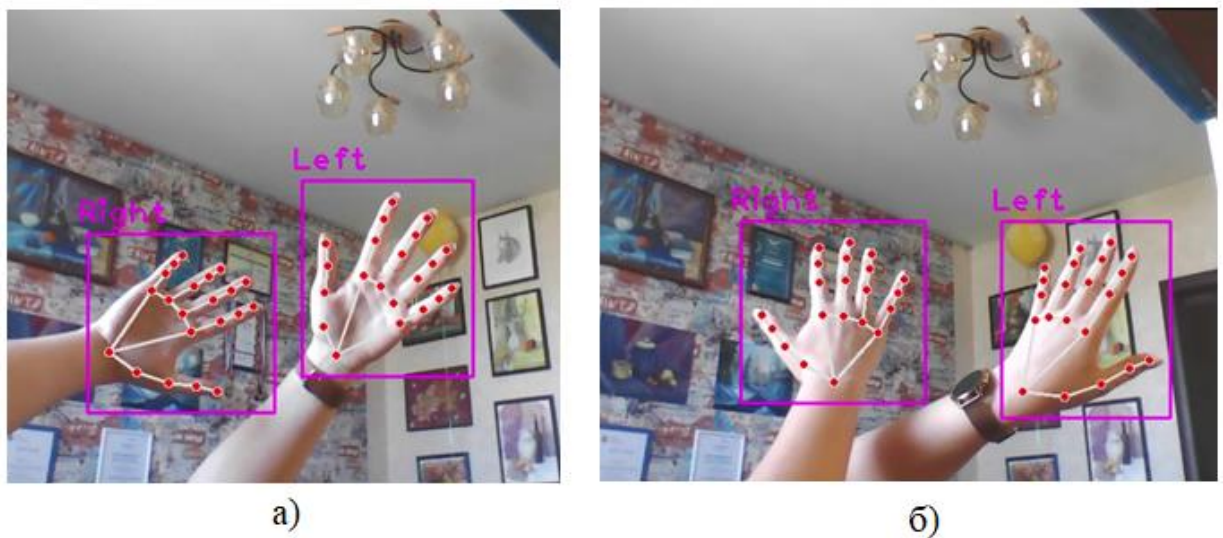


Рисунок 21 – Проверка определения и построения скелетов одновременно двух рук: а) внутренняя сторона ладоней; б) внешняя сторона ладоней.

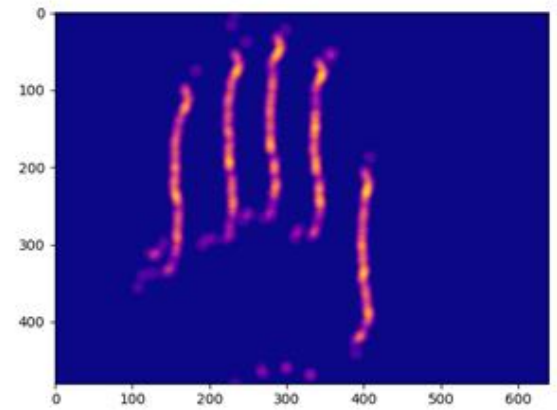
На протяжении всех тестовых запусков видеопотока скелеты рук были определены и построены правильно.

Во время трансляции видеоряда идёт параллельное построение тепловой карты. Проведём тест для проверки корректности её построения. Суть теста – смоделировать руками заведомо известное движение, спроектировать согласно ему тепловую карту и сравнить её с результатом построения карты программы.

Тест №3 – движение правой рукой снизу вверх. При таком маршруте планируется получение тепловой карты с 5-ю прямыми линиями. Теоретические и практические результаты представлены на рисунке 22:



а)



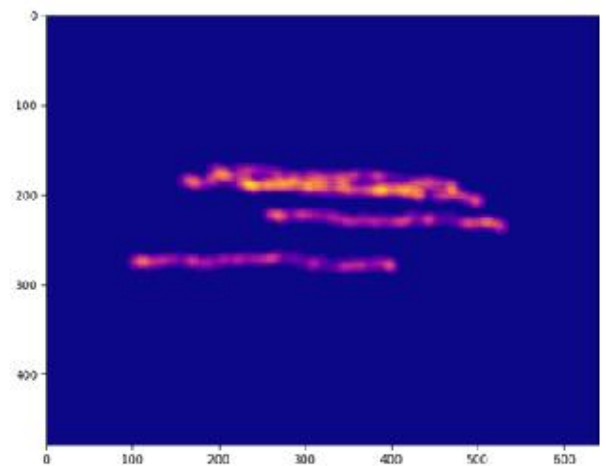
б)

Рисунок 22 – Тест на построение тепловой карты при прямолинейном движении правой руки снизу вверх: а) спроектированная тепловая карта; б) практически полученная тепловая карта.

Тест № 4 – движение правой руки слева направо. При таком маршруте ожидается получение тепловой карты с пятью горизонтальными линиями. Теоретические и практические результаты представлены на рисунке 23.



а)



б)

Рисунок 23 – Тест на построение тепловой карты при прямолинейном движении правой руки слева направо: а) спроектированная тепловая карта; б) практически полученная тепловая карта.

После построения тепловой карты и завершения трансляции видеопотока может возникнуть необходимость для увеличения какого-либо фрагмента карты и его более подробном анализе. Эту функцию реализует инструмент «Лупа», проверим его функциональность (рисунок 24).

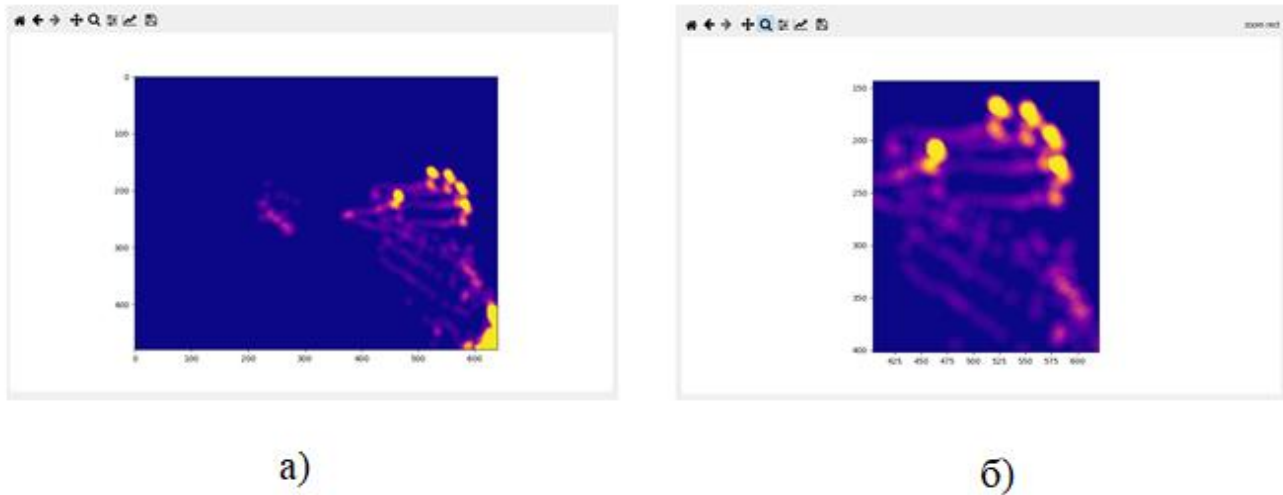


Рисунок 24 – Оперирование инструментом «Лупа»: а) исходное изображение; б) после применения инструмента «Лупа»

После проведенных тестов можно сделать вывод о том, что программа работает корректно, основной функционал работает с минимальной погрешностью.

Анализируя полученные результаты тестов видно, что практические результаты максимально близки к теоретически спроектированным. Во время тестов №3 и №4 на рисунках 22б и 23б наблюдается небольшая непрямолинейность в построенных линиях подушечек пальцев, что обусловлено небольшими колебаниями рук человека при их движении.

При взаимодействии с встроенными инструментами программы тепловая карта не деформируются, что говорит о корректности их работы. После увеличения определенного фрагмента тепловой карты может наблюдаться небольшая потеря в качестве изображения карты. Это обусловлено достаточно низким стоковым разрешением картинки, приходящей с веб-камеры. Камеры такого разрешения являются одними из самых доступных для использования в школах, интернатах и специализированных учреждениях. При использовании камеры более высокого разрешения,

размерность массива соответственно увеличивается и качество картинки тепловой карты соответственно возрастает.

3.3 Руководство пользователя по работе с модулем визуализации тактильных исследования человека

После разработки и выполнения всех запланированных тестов необходимо разработать руководство для пользователя по работе с программно-аппаратным модулем.

Для начала необходимо настроить аппаратную часть, а именно расположить веб-камеру над ассистивным средством так, чтобы всё рельефно-графическое пособие было в зоне его видимости. Саму веб-камеру необходимо подключить к ПК или к Raspberry, если используется одноплатный компьютер. Обратите внимание, что наличие монитора при работе с Raspberry обязательно. Его можно подключить посредством провода HDMI.

Разработанную программная часть является самостоятельной. Её необходимо установить на ОС Windows или Linux. Далее двойным щелчком запустить программу.

После запуска комплекса перед пользователем открывается окно программы (рисунок 25).

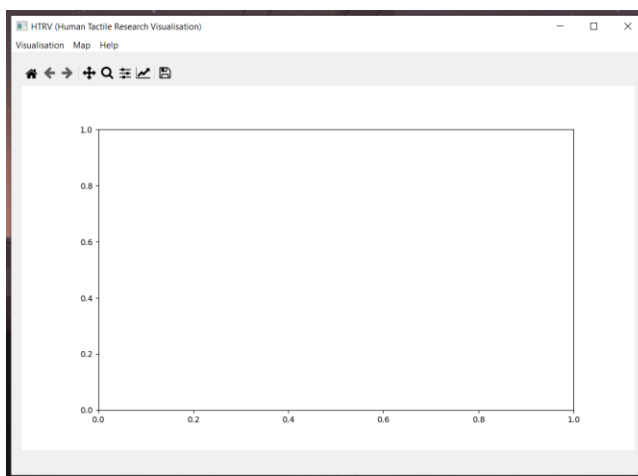


Рисунок 25 – Главное окно программы

Для запуска отслеживания и визуализации тактильных исследований человека необходимо перейти во вкладку меню «Visualisation» и выбрать пункт «Start» (рисунок 26)

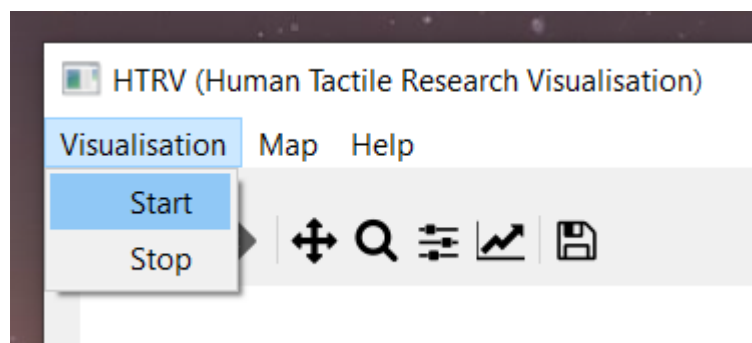


Рисунок 26 – Запуск отслеживания и визуализации тактильных исследований

После этого рабочая область, где будет располагаться тепловая карта, окрасится в синий цвет (рисунок 27), а на веб-камере загорится индикатор работы (если такой имеется).

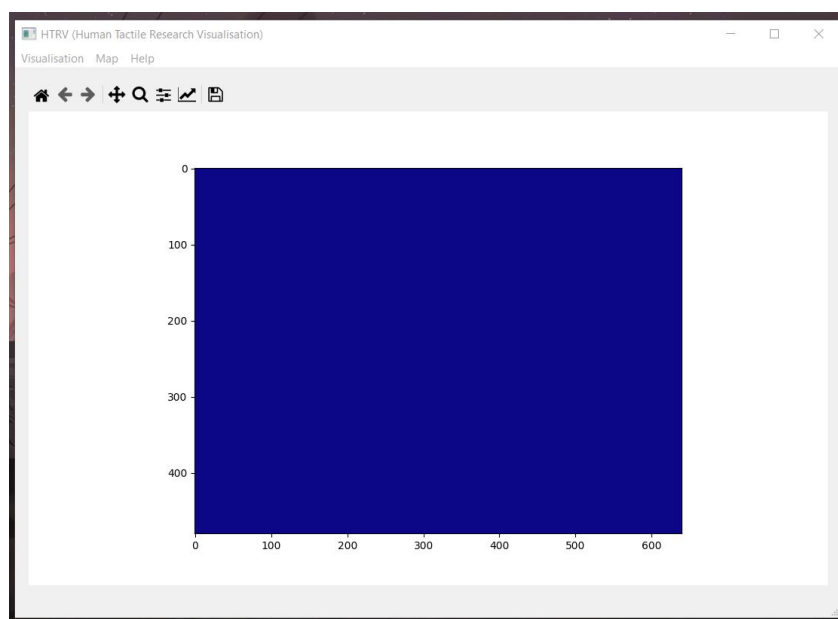


Рисунок 27 – Начало отслеживания тактильных исследований

С этого момента в программу поступают кадры с видеопотока. Далее происходит их обработка и поиск рук. Как только в зоне видимости камеры появляются руки – они тут же отобразятся на тепловой карте (рисунок 28).

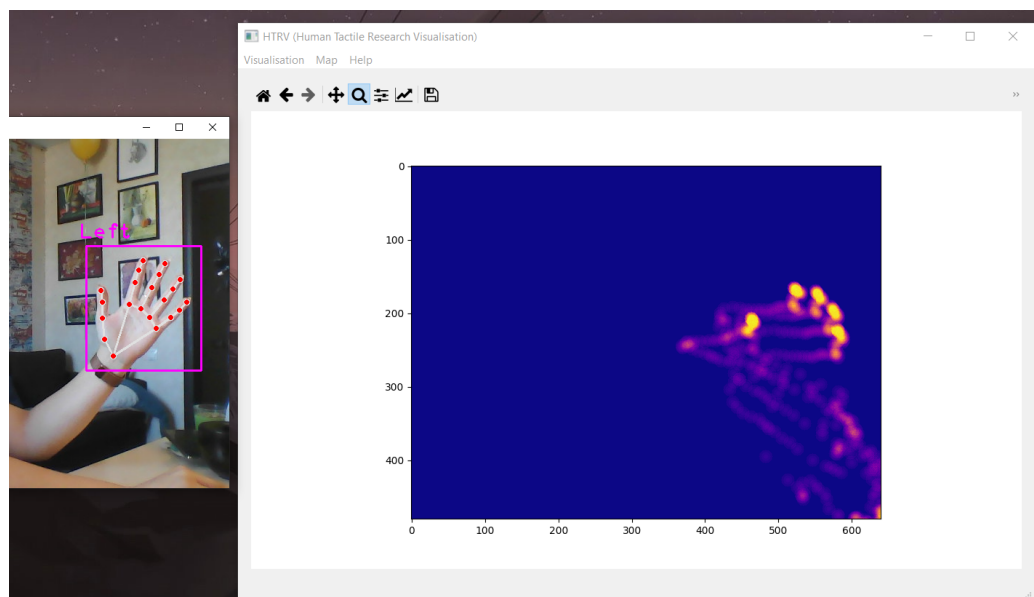


Рисунок 28 – Процесс определения, отслеживания и визуализации тактильных исследований человека

Для того, чтобы закончить отслеживание и визуализация тактильных исследований необходимо выбрать в меню «Visualisation» пункт «Stop» (рисунок 29).

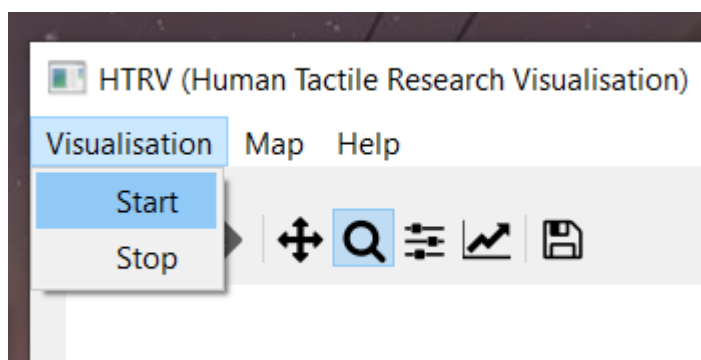
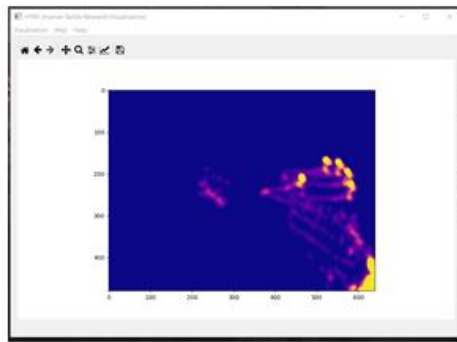
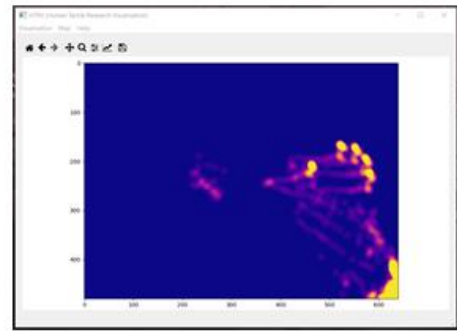


Рисунок 29 – Остановка процесса визуализации

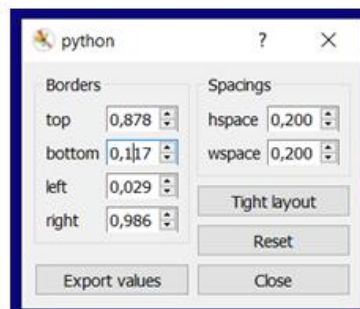
После того, как процесс остановлен и с веб-камеры перестал идти бесконечный видеопоток кадров, полученную тепловую карту можно изучить и настроить. Для начала рекомендуется настроить комфортный размер тепловой карты при помощи инструмента «Настройка внешнего вида» (рисунок 30).



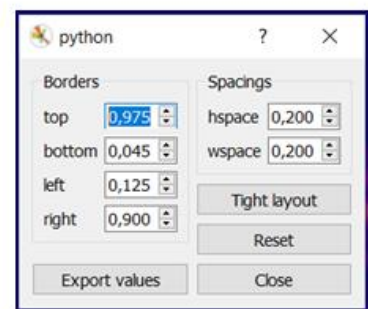
а)



б)



в)



г)

Рисунок 30 – Работа с инструментом «Настройка внешнего вида»: а) исходная тепловая карта; б) тепловая карта после применения инструмента; в) исходные настройки; г) рекомендуемые настройки

Теперь можно приступить к детальному анализу тепловой карты. Используя инструмент «Лупа» можно увеличить интересующую область и изучить её подробнее (рисунок 24)

Если есть изменение, которое можно отменить – инструмент «Шаг назад» будет активен. При отмене изменения активируется инструмент «Шаг вперед» (рисунок 31).

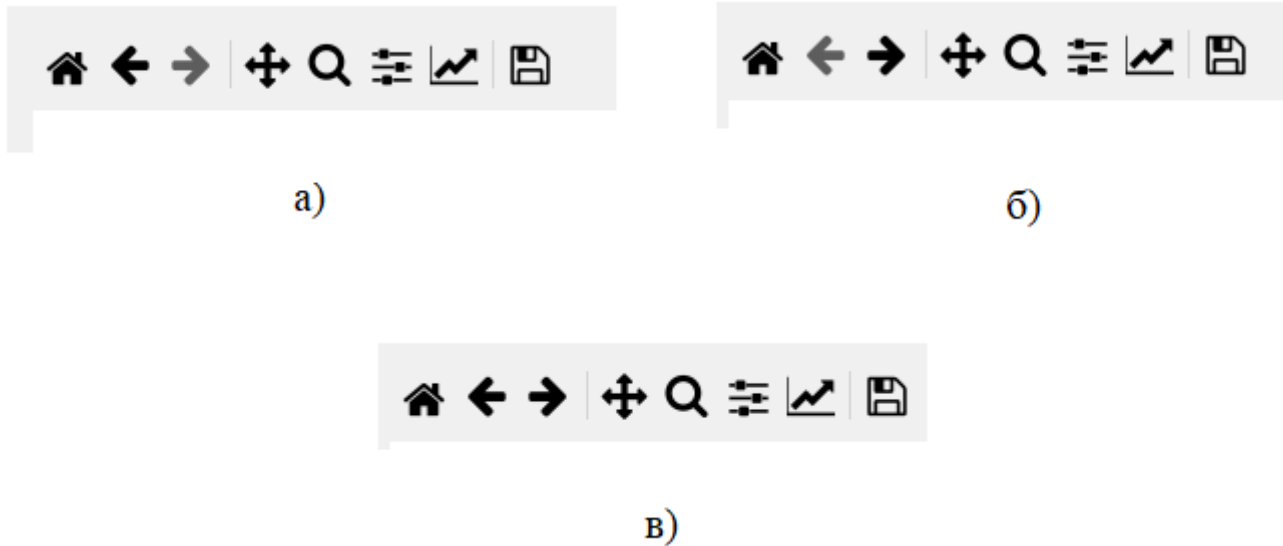


Рисунок 31 – Инструменты «Шаг вперёд» и «Шаг назад»: а) активный инструмент «Шаг назад»; б) активный инструмент «Шаг вперёд»; в) активны оба инструмента

После увеличения нужной области можно передвигаться в соответствующем режиме по тепловой карте при помощи инструмента «Перемещение» (рисунок 32).

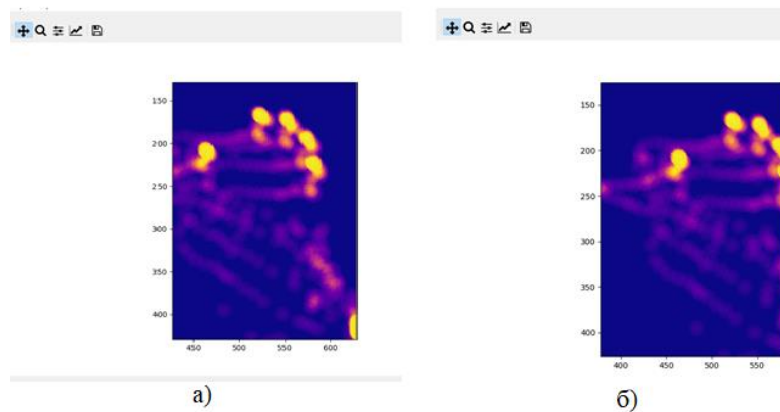


Рисунок 32 – Оперирование тепловой картой при помощи инструмента «Перемещение»: а) до применения инструмента; б) после применения инструмента.

После изучения и анализа тепловой карты её можно сохранить в формате .png (рисунок 33)

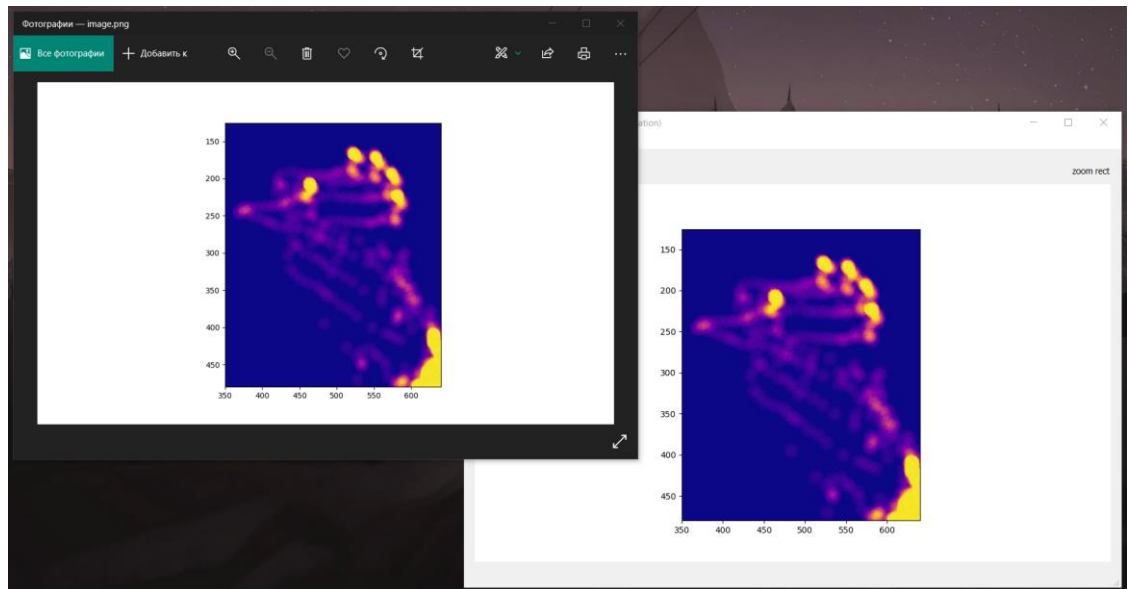


Рисунок 33 – Сохранение тепловой карты в PNG формате

Также можно сохранить файл в виде лог-файла. Он представляет собой файл с матрицей значений 600×400 .

Для того, чтобы сохранить тепловую карту в каком-либо формате или загрузить её в программу, нужно выбрать в меню «Map» соответствующий пункт (рисунок 34).

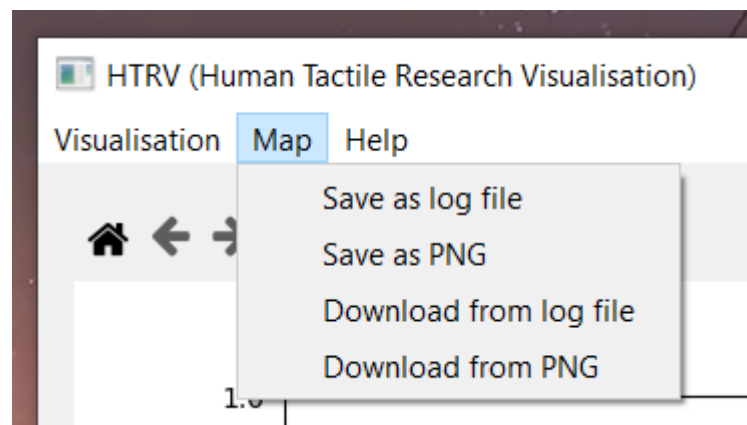


Рисунок 34 – Вкладка меню «Map»

После завершения работы с программой необходимо убедиться, что видеопоток остановлен и значения в тепловой карты не обновляются, проверить, все ли нужные файлы сохранены и нажать на крестик в правом верхнем углу программы для её закрытия (рисунок 35).

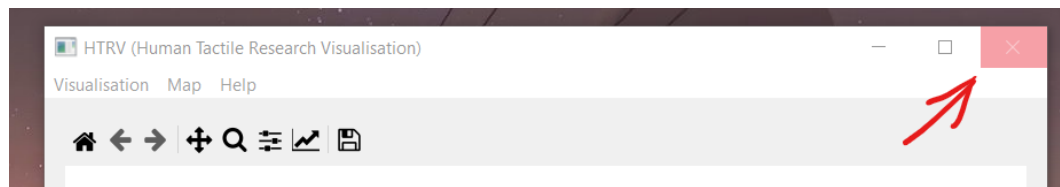


Рисунок 35 – Кнопка для окончательного закрытия программы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения квалификационной работы был произведен анализ предметной области. Было выявлена проблемная ситуация при обучении и адаптации людей с ограниченной зрительной функцией. Проанализированы существующие разработки, было представлено решение данной проблемы, а также были выдвинуты требования к разрабатываемому программному обеспечению и его интерфейсу. Далее были выбраны инструментальные средства разработки, произведено проектирование программного обеспечения и его логики работы. Следующим этапом было разработка пользовательского интерфейса и основ функциональных частей, тестирование и апробация программного обеспечения.

Решены следующие задачи:

- выявить проблемную ситуацию при обучении и адаптации незрячих и слабовидящих людей;
- сформулировать требования к программно-аппаратному модулю;
- выполнить проектирование программно-аппаратного модуля;
- выполнить разработку и тестирование программного обеспечения.

Таким образом, цель выпускной квалификационной работы «Разработка программно-аппаратного комплекса интерактивной тактильной карты для людей с ограниченными возможностями зрения» в полной мере достигнута.

В дальнейшем будут проводиться консультации со специалистами в сфере обучения и адаптации людей с ОВЗ по зрению для того, чтобы скорректировать показатели расчетного алгоритма визуализации тепловой карты и свести возможные погрешности к минимуму. В перспективе данное ПО будет использоваться в специализированных учреждениях обучения и адаптации людей с ограниченной зрительной функцией в составе с ассистивными средствами в виде различных рельефно-графических пособий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Андрюхина Ю.Н., Пошивайло Я.Г. Разработка методики создания тактильных карт с применением геоинформационных систем и аддитивных технологий // ВАК РФ 25.00.33 – 2029 – 139 с.
- 2 Воспитание и обучение детей с нарушениями развития : научно-методический и практический журнал. – Москва : Шк. Пресса, 2018. - № 1. – 66 с. – ISSN 0130-3074. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1015390> (дата обращения: 30.05.2022). – Режим доступа: по подписке.
- 3 Воспитание и обучение детей с нарушениями развития : научно-методический и практический журнал. – Москва : Шк. Пресса, 2018. - № 1. – 66 с. – ISSN 0130-3074. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1015390> (дата обращения: 30.05.2022). – Режим доступа: по подписке.
- 4 Обучение письму и чтению по рельефно-точечной системе Л. Брайля : учеб. пособие / под ред. Г.В. Никулиной. — Санкт-Петербург .: КАРО, 2006. — 576 с. — (Коррекционная педагогика). - ISBN 5-89815-689-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1044279> (дата обращения: 30.05.2022). – Режим доступа: по подписке.
- 5 Литвак А. Г., Зотов А. И. Особенности познавательной деятельности слепых и слабовидящих школьников / Под ред. А. И. Зотова, А. Г. Литвака. - Л.: Изд-во ЛГПИ им. А. И. Герцена, - 1974. - 210 с.
- 6 Маккинни, У. Маккинли, У. Python и анализ данных / Уэс Маккинли ; пер. с англ. А.А. Слинкина. - Москва : ДМК Пресс, 2015. - 482 с. - ISBN 978-5-97060-315-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1027796> (дата обращения: 30.03.2022). – Режим доступа: по подписке.
- 7 Рамальо, Л. Python. К вершинам мастерства / Лучано Рамальо ; пер. с англ. А.А. Слинкина. - Москва : ДМК Пресс, 2016. - 768 с. - ISBN 978-5-97060-384-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1028052>

(дата обращения: 30.05.2022). – Режим доступа: по подписке.

8 Пошивайло Я. Г., Дмитриев Д. В., Лесневский Ю. Ю. Современное состояние и перспективы развития так-тильной картографии // ИнтерКарто - ИнтерГИС-2014 «Устойчивое развитие территорий: картографо-информационное обеспечение»: Сб. материалов Междуна-родной конференции (Белгород, 23-24 июля 2014 г.). - № 20. - Белгород: изд. БГНИУ, - 2014. - С. 467-470. DOI: 10.24057/2414-9179-2014-1-20-467-470

9 Соколов В. В. Эволюция тифлоинформационных средств // Дефектология / Ред. Н. Н. Мало-феев, И. А. Ко-робейников. - 2009. - № 5. - С. 57-63.

10 Фролова М.В. Разработка тактильной карты для людей с ОВЗ // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2019. XV Междунар. науч. конгр.: Междунар. науч. конф. студентов и молодых ученых "Молодежь. Наука. Технологии": сб. материалов (Новосибирск, 24-26 апреля 2019 г.). - Новосибирск: СГУГиТ, 2019. - С. 151.

11 Фролова М.В., Шарапов А.А, РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТАКТИЛЬНОЙ КАРТЫ, в сборнике: Интеллектуальный потенциал Сибири. Материалы 28-ой Региональной научной студенческой конференции. В 3-х частях. Под. редакцией Д.О. Соколовой. 2020. С. 463-469.

12 Фролова М.В., Шарапов А.А., РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТАКТИЛЬНОЙ КАРТЫ, в сборнике: Интеллектуальный потенциал Сибири. материалы 28-ой Региональной научной студенческой конференции: в 3 частях. Под. ред. Соколовой Д.О., Новосибирск, 2020. С. 519-521.

13 Фролова М.В., Шарапов А.А., РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТАКТИЛЬНОЙ КАРТЫ, Интерэкспо Гео-Сибирь. 2020. Т. 7. № 1. С. 129-134.

14 Шапиро, Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман ; пер. с англ. — 4-е изд., электрон. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 763 с. — (Лучший зарубежный учебник). — ISBN 978-5-00101-696-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1094363> (дата обращения: 30.05.2022). – Режим доступа: по подписке.

15 Шарапов А.А., Фролова М.В. Разработка тактильной карты для людей с

ОВЗ // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2019. XV Междунар. науч. конгр.: Междунар. науч. конф. студентов и молодых ученых "ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ": сб. материалов (Новосибирск, 24-26 апреля 2019 г.). - Новосибирск: СГУГиТ, 2019. - С. 32-37.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)
ПРОГРАММНЫЙ КОД ИНТЕРФЕЙСА

```
from PyQt5 import QtCore, QtGui, QtWidgets

class Ui_MainWindow(object):
    def setupUi(self, MainWindow):
        MainWindow.setObjectName("MainWindow")
        MainWindow.resize(875, 603)
        self.centralwidget = QtWidgets.QWidget(MainWindow)
        self.centralwidget.setObjectName("centralwidget")
        self.verticalLayout = QtWidgets.QVBoxLayout(self.centralwidget)
        self.verticalLayout.setObjectName("verticalLayout")
        self.mpl_widget = QtWidgets.QWidget(self.centralwidget)
        self.mpl_widget.setObjectName("mpl_widget")
        self.verticalLayout.addWidget(self.mpl_widget)
        MainWindow.setCentralWidget(self.centralwidget)
        self.menubar = QtWidgets.QMenuBar(MainWindow)
        self.menubar.setGeometry(QtCore.QRect(0, 0, 875, 21))
        self.menubar.setObjectName("menubar")
        self.menuVisualisation = QtWidgets.QMenu(self.menubar)
        self.menuVisualisation.setObjectName("menuVisualisation")
        self.menuHelp = QtWidgets.QMenu(self.menubar)
        self.menuHelp.setObjectName("menuHelp")
        self.menuMap = QtWidgets.QMenu(self.menubar)
        self.menuMap.setObjectName("menuMap")
        MainWindow.setMenuBar(self.menubar)
        self.statusbar = QtWidgets.QStatusBar(MainWindow)
        self.statusbar.setObjectName("statusbar")
```



```

MainWindow.setStatusBar(self.statusbar)
self.actionStart = QtWidgets.QAction(MainWindow)
self.actionStart.setObjectName("actionStart")
self.actionStop = QtWidgets.QAction(MainWindow)
self.actionStop.setObjectName("actionStop")
self.Start_act = QtWidgets.QAction(MainWindow)
self.Start_act.setObjectName("Start_act")
self.Stop_act = QtWidgets.QAction(MainWindow)
self.Stop_act.setObjectName("Stop_act")
self.actionHelp = QtWidgets.QAction(MainWindow)
self.actionHelp.setObjectName("actionHelp")
self.actionSave_as_log_file = QtWidgets.QAction(MainWindow)
self.actionSave_as_log_file.setObjectName("actionSave_as_log_file")
self.actionSave_as_jpeg = QtWidgets.QAction(MainWindow)
self.actionSave_as_jpeg.setObjectName("actionSave_as_jpeg")
self.actionDownload_from_file = QtWidgets.QAction(MainWindow)
self.actionDownload_from_file.setObjectName("actionDownload_from_file")
self.actionDownload_from_JPEG = QtWidgets.QAction(MainWindow)

self.actionDownload_from_JPEG.setObjectName("actionDownload_from_JPEG")
self.actionGuide = QtWidgets.QAction(MainWindow)
self.actionGuide.setObjectName("actionGuide")
self.menuVisualisation.addAction(self.Start_act)
self.menuVisualisation.addAction(self.Stop_act)
self.menuHelp.addAction(self.actionHelp)
self.menuHelp.addAction(self.actionGuide)
self.menuMap.addAction(self.actionSave_as_log_file)
self.menuMap.addAction(self.actionSave_as_jpeg)
self.menuMap.addAction(self.actionDownload_from_file)
self.menuMap.addAction(self.actionDownload_from_JPEG)

```

```

self.menubar.addAction(self.menuVisualisation.menuAction())
self.menubar.addAction(self.menuMap.menuAction())
self.menubar.addAction(self.menuHelp.menuAction())

self.retranslateUi(MainWindow)
QtCore.QMetaObject.connectSlotsByName(MainWindow)

def retranslateUi(self, MainWindow):
    _translate = QtCore.QCoreApplication.translate
    MainWindow.setWindowTitle(_translate("MainWindow", "HTRV (Human
Tactile Research Visualisation)"))

    self.menuVisualisation.setTitle(_translate("MainWindow", "Visualisation"))
    self.menuHelp.setTitle(_translate("MainWindow", "Help"))
    self.menuMap.setTitle(_translate("MainWindow", "Map"))
    self.actionStart.setText(_translate("MainWindow", "Start"))
    self.actionStop.setText(_translate("MainWindow", "Stop"))
    self.Start_act.setText(_translate("MainWindow", "Start"))
    self.Stop_act.setText(_translate("MainWindow", "Stop"))
    self.actionHelp.setText(_translate("MainWindow", "About author"))
    self.actionSave_as_log_file.setText(_translate("MainWindow", "Save as log
file"))

    self.actionSave_as_jpeg.setText(_translate("MainWindow", "Save as PNG"))
    self.actionDownload_from_file.setText(_translate("MainWindow",
"Download from log file"))

    self.actionDownload_from_JPEG.setText(_translate("MainWindow",
"Download from PNG"))

    self.actionGuide.setText(_translate("MainWindow", "Guide"))

```