

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.06 Мехатроника и робототехника
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

| Тема работы |
|---|
| Разработка робота с жестовым управлением |

УДК 004.94:621.865.8-2

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------------|---------|------|
| 8E51 | Булыгин Дмитрий Александрович | | |

Руководитель ВКР

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Мамонова Т.Е. | К.Т.Н | | |

Нормоконтроль

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|--------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Суханов А.В. | К.Х.Н | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|--------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ОСГН ШБИП | Фадеева В.Н. | К.Ф.Н | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------|--------------|---------------------------|---------|------|
| Ассистент ООД ШБИП | Немцова О.А. | — | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Руководитель ООП | Мамонова Т.Е. | К.Т.Н | | |
| Руководитель ОАР | Леонов С.В. | К.Т.Н | | |

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

| Код результата | Результат обучения (Выпускник должен быть готов) |
|-------------------------------------|--|
| Профессиональные компетенции | |
| P1 | применять глубокие естественнонаучные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, в том числе их систем управления. |
| P2 | воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, принимать участие в командах по разработке и эксплуатации таких устройств и систем. |
| P3 | применять и интегрировать полученные знания для решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных мехатронных и робототехнических устройств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием технологий мирового уровня, современных инструментальных и программных средств. |
| P4 | определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации мехатронных и робототехнических модулей, устройств и систем |
| P5 | планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических средств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы. |
| P6 | понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в мехатронике и робототехнике и знать области их применения, в том числе в автоматизированных производствах. |
| P7 | применять глубокие естественнонаучные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, в том числе их систем управления. |
| Универсальные компетенции | |
| P8 | эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды |
| P9 | владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий |
| P10 | проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду |
| P11 | следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности |

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки (специальность) – 15.03.06 Мехатроника и робототехника

Уровень образования – Бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

11.06.2019

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования) | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|---|------------------------------------|
| 03.05.2019 | Основная часть | 75 |
| 15.05.2019 | Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | 15 |
| 17.05.2019 | Социальная ответственность | 10 |

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Мамонова Т.Е. | к.т.н | | |

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Мамонова Т.Е. | к.т.н | | |

| | |
|---|--|
| Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <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> | 1. Провести обзор литературы; 2. Спроектировать структуру нейронной сети; 3. Собрать выборку обучающих данных; 4. Обучить свёрточную нейронную сеть с точностью выше 90%; 5. Провести тестирование нейронной сети; 6. Создать управляющие сигналы в зависимости от жеста. |
| Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i> | 1 Блок-схемы алгоритма программы |
| Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i> | |
| Раздел | Консультант |
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Фадеева Вера Николаевна, доцент ОСГН ШБИП, к.ф.н. |
| Социальная ответственность | Немцова Ольга Александровна, ассистент ООД ШБИП |
| Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: | |
| Нет | |

| | |
|---|------------|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | 01.03.2019 |
|---|------------|

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------|------------------------|---------|------------|
| Доцент ОАР ИШИТР | Мамонова Т.Е. | к.т.н | | 01.03.2019 |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|--------------|---------|------------|
| 8E51 | Булыгин Д.А. | | 01.03.2019 |

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

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|---------------------------------|
| 8E51 | Булыгину Дмитрию Александровичу |

| Школа | ИШИТР | Отделение | ОАР |
|---------------------|-------------|---------------------------|--------------------------------------|
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/специальность | 15.03.06 Мехатроника и робототехника |

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

| | |
|---|--|
| Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | <ul style="list-style-type: none"> - Оклад студента – 2410 руб. в месяц; - Оклад руководителя проекта – 18503 руб. в месяц. - Человеческие ресурсы – 2 человека (руководитель и студент-дипломник). |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов | <ul style="list-style-type: none"> - Тариф на электроэнергию – 5,26 руб./кВт·ч.; - Годовая норма амортизации составляет 40 % |
| Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования | <ul style="list-style-type: none"> - На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность вводится пониженная ставка – 27,1% |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|---|---|
| Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения | <ul style="list-style-type: none"> - Методы коммерциализации результатов инженерных решений; - Морфологический анализ проекта. |
| Планирование и формирование бюджета научных исследований | <ul style="list-style-type: none"> - Определение трудоемкости выполнения работ; - Расчет материальных затрат НИИ; - Основная и дополнительная зарплата исполнителей темы; - Отчисления во внебюджетные фонды; - Накладные расходы; |

| | |
|---|---|
| | - Проведение анализа безубыточности проекта |
| 3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования | - Расчет интегрального показателя финансовой эффективности. |
| Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): | |
| Оценка конкурентоспособности технических решений | |
| Альтернативы проведения НИ | |
| График проведения и бюджет НИ | |
| Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ | |
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | 01.03.2019 |

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|--------------|------------------------|---------|------------|
| Доцент ОСГН ШБИП | Фадеева В.Н. | к.ф.н | | 01.03.2019 |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------------|---------|------------|
| 8E51 | Булыгин Дмитрий Александрович | | 01.03.2019 |

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| Группа | ФИО |
|---------------|---------------------------------|
| 8Е51 | Булыгину Дмитрию Александровичу |

| Школа | ИШИТР | Отделение | ОАР |
|----------------------------|--------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/специальность | 15.03.06 Мехатроника и робототехника |

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

| | |
|--|---|
| 1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения | <p>Объектом исследования является программа распознавания жестов на основе свёрточной нейронной сети.</p> <p>Оборудованием, на котором производится работа, является одноплатный компьютер Raspberry Pi с подключённой к нему веб-камерой.</p> <p>Разработанное устройство может использоваться для бесконтактного управления другими устройствами и механизмами. Например, открытие двери при распознавании жеста.</p> |
|--|---|

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|--|---|
| 1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. | ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ СанПиН 2.2.4.548–96 СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 СП 52.13330.2016 [17] ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ [18] ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ [19] СП 51.13330.2011 [20] ГОСТ 17.4.3.04-85 ССОП [21] |
| 2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия | Вредными и опасными факторами производственной среды являются: Отклонение показателей микроклимата от нормы; Превышение уровня шума; Отсутствие или недостаток естественного света; Недостаточная освещенность рабочей зоны; Электромагнитные излучения; Поражение электрическим током; Возникновение пожаров. |
| 3. Экологическая безопасность: | Воздействие объекта на атмосферу, гидросферу отсутствует. Воздействие на литосферу происходит при утилизации одноплатного компьютера и веб-камеры. |
| 4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: | Возможной чрезвычайной ситуацией при разработке устройства является возникновение пожара. |

| | |
|--|------------|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | 01.03.2019 |
|--|------------|

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------|--------------|------------------------|---------|------------|
| Ассистент ООД ШБИП | Немцова О.А. | — | | 01.03.2019 |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------------|---------|------------|
| 8Е51 | Булыгин Дмитрий Александрович | | 01.03.2019 |

Реферат

Работа состоит из: 80 страниц, 20 рисунков, 28 таблиц, 30 источников.

Ключевые слова: свёрточные нейронные сети, распознавание жестов, фильтрация изображения, функции активации, одноплатный компьютер Raspberry Pi, обучение с учителем, техническое зрение, Python, Open CV.

Настоящая дипломная работа содержит результаты анализа существующих решений по распознаванию жестов, разработки системы распознавания жестов в режиме реального времени, а также функции, выполняемые при распознавании одного из жестов. Проводится анализ обработки изображений, выбор типа изображений, при помощи которых будет обучаться нейронная сеть. Также была спроектирована свёрточная нейронная сеть с определёнными параметрами. Для обучения этой сети был собран набор данных, состоящий из 12000 изображений, разделённых на 4 класса.

Также произведён расчёт стоимости разработки устройства и алгоритма, произведена оценка конкурентоспособности с другими устройствами, распознающими жесты. Произведена оценка безопасности разработки данного устройства и его работы для человека и окружающей среды.

Обозначения и сокращения

Этот раздел отвечает за основные термины и определения, используемые в процессе написания работы.

СНС – свёрточная нейронная сеть;

ПО – программное обеспечение;

RP – одноплатный компьютер Raspberry Pi;

СРЖ – система распознавания жестов;

СС – свёрточный слой нейронной сети;

ПС – полносвязный слой нейронной сети.

Содержание

| | |
|---|----|
| Введение | 15 |
| 1 Обзор литературы | 17 |
| 1.1 Распознавание при помощи вычисления расстояния между точками | 17 |
| 1.2 Распознавание жестов при помощи сигналов тензодатчиков | 18 |
| 1.3 Автоматическое преобразование жестов русской ручной азбуки | 18 |
| 1.4 Распознавание жестов при помощи нейронной сети | 19 |
| 2 Объект и методы исследования | 21 |
| 2.1 Структура свёрточной нейронной сети | 21 |
| 3 Разработка, обучение и проектирование свёрточной нейронной сети | 24 |
| 3.1 Подготовка изображений для обучения | 24 |
| 3.2 Фильтрация изображений | 26 |
| 3.3 Проектирование свёрточной нейронной сети | 27 |
| 3.3.1 Количество свёрточных слоёв и слоёв пуллинга. | 28 |
| 3.3.2 Количество и размер фильтров. | 29 |
| 3.3.3 Параметры Drop out слоя | 32 |
| 3.3.4 Количество нейронов в полносвязном слое. | 33 |
| 3.3.5 Функции активации слоёв свёрточной нейронной сети | 34 |
| 3.3.6 Алгоритм, исключаящий случайное распознавание жеста | 36 |
| 3.4 Преобразование информации о распознанном жесте в сигнал управления | 37 |
| 3.4.1 Окно с информацией о погоде | 38 |
| 3.4.2 Окно с календарём | 38 |
| 3.4.3 Окно с музыкальным проигрывателем | 38 |
| 4 Результаты работы алгоритма распознавания жестов | 40 |
| 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | 43 |
| 5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. | 43 |
| 5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования | 43 |

| | |
|--|----|
| 5.1.2 Анализ конкурентных технических решений | 44 |
| 5.1.3 Морфологический анализ | 46 |
| 5.2 Планирование научно-исследовательских работ | 47 |
| 5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования | 47 |
| 5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ | 48 |
| 5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования | 51 |
| 5.2.4 Бюджет научно-технического исследования | 54 |
| 5.2.5 Расчет материальных затрат | 54 |
| 5.2.6 Основная заработная плата исполнителям темы | 54 |
| 5.2.7 Дополнительная заработная плата | 56 |
| 5.2.8 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) | 57 |
| 5.2.9 Накладные расходы | 57 |
| 5.2.10 Контрагентные расходы | 58 |
| 5.2.11 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта | 58 |
| 5.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования | 59 |
| 5.3.1 Интегральный показатель ресурсоэффективности | 59 |
| 6 Социальная ответственность | 62 |
| 6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности | 62 |
| 6.2 Производственная безопасность | 64 |
| 6.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов | 67 |
| 6.3.1 Отклонения показателей микроклимата | 67 |
| 6.3.2 Недостаточная освещённость рабочей зоны; отсутствие или недостаток естественного света | 68 |
| 6.3.3 Превышение уровня шума | 68 |
| 6.3.4 Психофизиологические факторы | 69 |
| 6.3.5 Статическое электричество | 70 |
| 6.3.6 Электрический ток | 70 |

| | |
|---|----|
| 6.4 Экологическая безопасность | 72 |
| 6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях | 73 |
| Заключение | 76 |
| Список литературы | 77 |
| Приложение А | 80 |

Введение

Компьютерные технологии получили мощный толчок в развитии во второй половине прошлого века, и стремительно развиваются и по сей день. Они уже умеют обрабатывать и анализировать информацию подобно человеку: распознавать текст, изображения, анализировать звуки и мелодии, произносить осмысленные предложения, распознавать голосовые команды и реагировать на прикосновения пальцев. Но обучить компьютер языку движений тела или распознаванию жестов оказалось не так просто. На данный момент распознавание жестов — одна из самых приоритетных задач в области информационных технологий и интеллектуальных систем.

В наше время уже существуют технологии, позволяющие следить за движением руки. В основном, они используются в сфере развлечений, а конкретнее, в сфере индустрии видеоигр. Пример — игровые контроллеры PlayStation Move от Sony и Wii Remote от Nintendo. Эти технологии реализованы следующим образом: в руках человека находится специальное устройство-контроллер, оснащённое светодиодами и акселерометрами. Также имеется и второе устройство, которое реализовано в виде камеры и датчиков, отслеживающих перемещение в пространстве контроллера, и передают движения игрока персонажу на экране монитора. Эта и подобные технологии позволили осуществить много интересных игровых проектов, но всё же они требуют дополнительного устройства, которое нужно удерживать в руках.

Основной целью данной работы является создание алгоритма, способного распознавать жесты рук человека без дополнительных устройств, а также выполнять различные действия, в зависимости от определённого жеста.

Данный тип управления имеет ряд преимуществ перед управлением при помощи голосовых команд или управления при помощи кнопок, а именно:

- 1) Простота использования;
- 2) Отсутствие физического контакта.

Данное устройство разрабатывается с целью его внедрения в медицинские учреждения: поликлиники и больницы. Очень часто микробы и болезни передаются здоровому человеку от больного вследствие физического контакта с поверхностями. Чаще всего этими поверхностями являются обыкновенные двери. Также стоит отметить, что обычные датчики, стоящие в дверях у магазинов, не являются решением задачи, так как открывают двери всегда, когда приближается человек, что крайне неудобно в условиях поликлиники.

Для того, чтобы снизить риск заболевания стоит задача разработки бесконтактного способа взаимодействия с предметами и устройствами. Вследствие отсутствия возможности воспроизвести распознавание жестов, будет разработана программа, преобразующая информацию о жесте в управляющую команду. Результатом выполнения команды является открытое окно с различной информацией.

Результатом данной выпускной квалификационной работы будет являться законченное устройство-робот, выполняющее различные действия по жестовым командам.

1 Обзор литературы

Несмотря на актуальность задачи, уже существуют различные способы распознавания жестов. Эти способы можно разделить на несколько групп, объединённых по способу распознавания рук человека.

1.1 Распознавание при помощи вычисления расстояния между точками

Примером реализации данного метода является «Система распознавания жестов в реальном времени с цветными перчатками» (Real-Time Hand-Tracking with a Color Glove), которую создали Роберт Ванг (Robert Y. Wang) и Йован Попович (Jovan Popović) из лаборатории компьютерных наук и искусственного интеллекта Массачусетского технологического института [1].

Распознавание жестов возможно при надевании цветных перчаток, по которым программа распознаёт жесты рук при помощи веб-камеры по наличию цветных пикселей на изображении. После обнаружения этих пикселей происходит вычисление расстояния между ними. Вычислив это расстояние, программа выдаёт информацию о распознанном жесте. Вид цветных перчаток изображён на рисунке 1.



Рисунок 1 – Перчатки, при помощи которых программа распознаёт жесты

Этот способ распознавания очень интересен в своей реализации, но он имеет огромный недостаток: необходимость надевания специальных перчаток для того, чтобы программа смогла выделить цветные пиксели. Без них программа неработоспособна.

1.2 Распознавание жестов при помощи сигналов тензодатчиков

Представителем этой группы являются перчатки GRASP — говорящие перчатки для глухонемых (Glove-based Recognition of Auslan using Simple Processing) [2].

Принцип их работы следующий: к компьютеру подключены две перчатки при помощи кабелей. Программа обрабатывает сигналы тензодатчиков и, в зависимости от информации, полученной с этих датчиков, выдаёт информацию о распознанном жесте. Внешний вид устройства приведён на рисунке 2.



Рисунок 2 – Перчатка, при помощи которой программа распознаёт жесты

Данный способ реализации также имеет недостаток в необходимости надевания специальной перчатки, без которой программа не сможет распознать жест.

1.3 Автоматическое преобразование жестов русской ручной азбуки в текстовый вид [3]

Данная программа работает непосредственно с веб-камерой, при помощи которой определяется положение руки в кадре. После строится “скелет” человеческой руки, по которому программа распознаёт жест и переводит его в букву русской азбуки. Вид работы алгоритма приведён на рисунке 3.

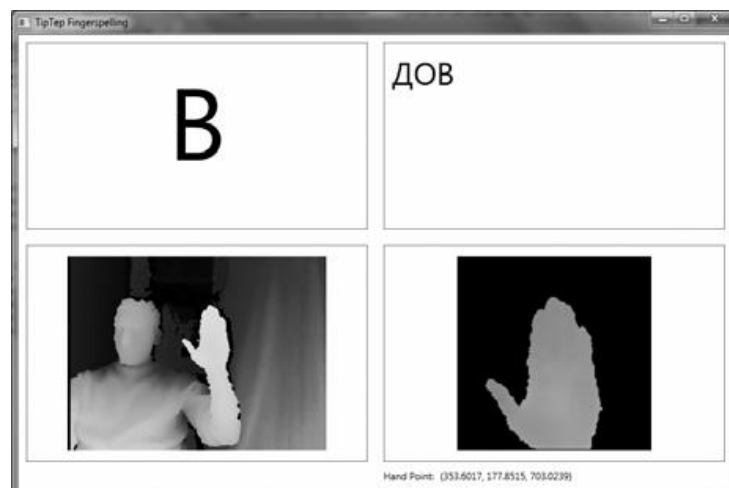


Рисунок 3 – Автоматическое преобразование жестов русской ручной азбуки в текстовый вид

Эта программа является наиболее удобной в использовании, так как не требует наличия различных устройств, надетых на руку, но работает только с полутоновыми изображениями, то есть изображениями в оттенках серого. Такие изображения очень светочувствительны, что является сильным недостатком этой программы.

1.4 Распознавание жестов при помощи нейронной сети

В последнее время искусственный интеллект получил мощный толчок в своём развитии. Одним из направлений его развития является обработка и извлечение информации из изображений. Для этой задачи были специально разработаны свёрточные нейронные сети.

Основной задачей данной работы является создание устройства, способного распознавать жесты на изображении при помощи свёрточной нейронной сети. Дополнительной задачей является выработка управляющих команд, направленных на выполнение определённых действий, в зависимости от обнаруженного жеста.

Нейронная сеть будет обучена распознавать четыре класса изображений. Примеры изображений показаны на рисунке 4.



Рисунок 4 – Примеры изображений для обучения

2 Объект и методы исследования

2.1 Структура свёрточной нейронной сети

Технологии компьютерного зрения очень распространены. Их применяют для распознавания лиц, изображений, объектов, в медицине, навигации автономных автомобилей и во многих других сферах. Благодаря росту вычислительных мощностей и возможности хранения огромного количества информации стало возможным обучать глубокие нейронные сети — нейронные сети с большим числом скрытых слоёв. В задаче распознавания изображений, объектов и образов особого успеха достигли свёрточные нейронные сети (Convolutional Neural Networks).

Свёрточная нейронная сеть — нейронная сеть, состоящая из одного или нескольких слоёв свёртки (convolutional layer). Также в СНС могут присутствовать слои пуллинга (pooling layer), стоящие после свёрточных слоёв. Замыкающими слоями являются полносвязные слои (fully connected layer) [4].

В СНС слои свёртки и пуллинга состоят из нескольких «уровней» нейронов, называемых картами признаков. Если обрабатывается изображение, карта признаков выглядит как матрица или двумерный массив нейронов. Полная топология свёрточных нейронных сетей представлена на рисунке 5.

Основой свёрточной нейронной сети являются слои свёртки [5]. Каждый слой включает в себя фильтры для каждого канала. Они обрабатывают предыдущий слой по частям (путём суммирования матричных фрагментов). Все веса ядра свёртки заранее неизвестны и изменяются в процессе обучения, в зависимости от входных данных. В конце слоя свёртки всегда стоит функция активации.

Для передачи информации с одного слоя на другой необходима функция активации. Она преобразует информацию (численные значения) со всех нейронов предыдущего слоя в определённое значение для нейрона текущего слоя. Выход зависит от функции активации и может быть, как действительным,

так и целым [3]. Значение выхода – это показатель, насколько активировался нейрон текущего слоя.

Так как каждому фильтру свёртки соответствует одна карта признаков, то это позволяет нейронной сети научиться выделять признаки не зависимо от их расположения во входном изображении.

Фильтр выглядит как небольшое окно, которое проходит по всей области предыдущей карты и обнаруживает определенные признаки объектов. Например, если обучать сеть на поиск человеческих лиц, то один из фильтров может в процессе обучения выдавать наибольший сигнал в области глаза, другой фильтр – в области рта, третий – носа, и т.д. Размер фильтра обычно берут в пределах от 3×3 до 7×7 . Если выбрать маленький размер фильтра, то он может не выделить необходимые признаки, и наоборот, при слишком большом фильтре увеличивается количество связей между нейронами. Также необходимо выбрать такой размер фильтра, чтобы размерность карт слоя свёртки была четной. Благодаря этому, информация в подвыборочном слое не теряется при уменьшении размерности.

Пуллинг можно истолковать так: если на предыдущей операции свёртки были обнаружены некоторые признаки, то для дальнейшей обработки настолько подробное изображение уже не нужно, и оно уменьшается в размерности, то есть уплотняется до менее подробного. К тому же фильтрация уже ненужных деталей уменьшает переобучение. Слой пуллинга, как правило, вставляется после слоя свёртки перед слоем следующей свёртки.

За счёт слоя пуллинга сеть становится наиболее устойчивой к изменениям входного изображения, например, его сдвигам. Также уменьшается размерность последующих слоёв [6].

Во время прохождения свёртки изображения и уплотнения с помощью пуллинга, система переходит от конкретной сетки пикселей с высоким разрешением к более абстрактным картам признаков. С каждым следующим слоем увеличивается число каналов и уменьшается размерность изображения в

каждом канале. В итоге, остаётся большое число каналов, которые хранят малое число данных (даже один параметр). Эти данные интерпретируются как абстрактные понятия, выделенные из исходного изображения.

Полученные данные из предыдущих слоёв объединяются и передаются в многослойный перцептрон, который также состоит из нескольких слоёв. Эти полносвязные слои не используют пространственную структуру пикселей и обладают малой размерностью (по сравнению с количеством пикселей исходного изображения). В конце каждого полносвязного слоя также ставится функция активации.

Полносвязный слой (многослойный перцептрон) – скрытый слой, соединённый со всеми нейронами предыдущего слоя. Последним слоем многослойного перцептрона является один или несколько нейронов, количество которых равно количеству классов. Простым языком, на вход всей свёрточной нейронной сети подаётся изображения, а на выходе сеть выдаёт класс, к которому это изображение относится.

Сверточные нейронные сети обеспечивают частичную устойчивость к изменениям масштаба, смещениям, поворотам, смене ракурса и прочим искажениям.

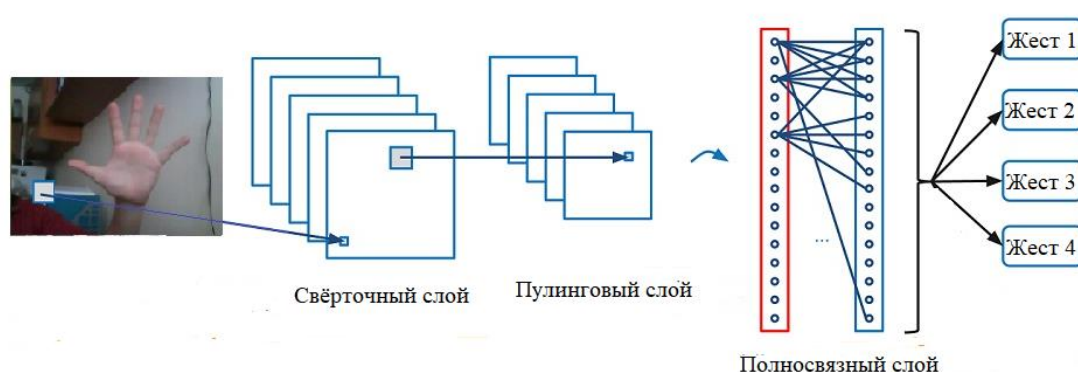


Рисунок 5 – Топология сверточной нейронной сети

3 Разработка, обучение и проектирование свёрточной нейронной сети

3.1 Подготовка изображений для обучения

Первостепенной задачей является получение изображений, пригодных для обработки, на которых будет возможно выделение признаков для классификации жестов. В основе алгоритма распознавания лежит свёрточная нейронная сеть, обученная по принципу “обучение с учителем”, поэтому выбор наиболее подходящего типа изображений очень важен для обучения и дальнейшей работы СНС.

Одним из основных параметров цифрового изображения является его цветность, согласно которой изображения можно классифицировать:

- Бинаризованные (только два возможных состояния пикселя);
- Полутоновые (изображение в тонах (оттенках) определенного цвета);
- Цветные (многоцветные).

Бинаризованные изображения являются наиболее простыми для обработки компьютером. При работе с бинаризованными изображениями появляется проблема отсечки по яркости. Так как при изменении освещенности меняется цвет объектов, часть информации теряется. Например, руку видно не полностью. Пример бинаризованного изображения приведён на рисунке 6.



Рисунок 6 – Бинаризованное изображение

Полутоновые изображения (в оттенках серого) также не позволяют выделить необходимые признаки на изображении. Данная проблема возникает

из-за того, что рука сливается с фоном. Пример полутонового изображения приведён на рисунке 7.



Рисунок 7 – Полутоновое изображение

Цветные изображения намного лучше подходят для задачи выделения признаков на изображении. При работе с ними, нейронная сеть сама выделяет признаки по цвету и форме руки и наиболее точно определяет класс. Пример цветного изображения приведён на рисунке 8.



Рисунок 8 – Цветное изображение

В результате сборки выборки было получено следующее количество изображений, при помощи которых будет обучаться нейронная сеть [7][8]:

- 2284 изображения класса “Рука”;
- 2750 изображения класса “Ок”;
- 3121 изображение класса “Победа”;

- 4767 изображения класса “Отсутствие жеста”.

В сумме вся выборка состоит из 12922 изображений формата RGB.

3.2 Фильтрация изображений

Изображения, полученные для обучающей выборки, а также изображения, обрабатываемые нейронной сетью при обычной работе, проходят фильтрацию.

Фильтрацией называется процесс устранения различных видов шумов. Помехи затрудняют визуальный анализ изображения и его автоматическую обработку. В связи с этим остро стоит проблема исключения помех из получаемого изображения [9].

Для решения данной задачи был использован фильтр Гаусса. В основе этого фильтра лежит принцип прохождения маской по каждому пикселю изображения и нахождения среднего значения при помощи значений в окрестностях этого пикселя.

Таким образом, матрица фильтра имеет следующий вид:

$$\frac{1}{100} * \begin{vmatrix} 1 & 2 & 4 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 8 & 4 & 2 \\ 4 & 8 & 16 & 8 & 4 \\ 2 & 4 & 8 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 4 & 2 & 1 \end{vmatrix}$$

Обязательным условием является то, что в сумме элементы этой матрицы должны быть равны единице.

Для проведения фильтрации изображений, а также для сбора датасета изображений для обучения свёрточной нейронной сети была использована библиотека компьютерного зрения OpenCV для языка программирования Python [10].

Результат работы фильтра Гаусса можно увидеть на рисунке 9 а) и 9 б).



Рисунок 9 а) – Цветное изображение до фильтрации



Рисунок 9 б) – Цветное изображение после фильтрации

3.3 Проектирование свёрточной нейронной сети

Свёрточная нейронная сеть, разработанная с целью распознавания жестов, была создана на основе библиотек Keras и TensorFlow. При помощи первой строится архитектура СНС и устанавливается оптимизатор. TensorFlow же позволяет оптимально тренировать нейронную сеть для распознавания жестов.

Для корректной работы свёрточной нейронной сети необходимо правильно создать её архитектуру, а также верно взять следующие параметры:

- Количество свёрточных слоёв и слоёв пуллинга;

- Количество и размер фильтров;
- Параметр Drop out слоя;
- Количество нейронов в полносвязном слое.

3.3.1 Количество свёрточных слоёв и слоёв пуллинга.

Основой свёрточной нейронной сети являются свёрточные слои и слои пуллинга. От них зависит способность сети выделять необходимые признаки на изображении. Чем больше этих слоёв, тем больше признаков может быть обнаружено [11], [12].

Для выбора наиболее подходящего количества свёрточных слоёв и слоёв пуллинга была исследована точность нейронной сети при следующих параметрах обучения:

- Количество эпох обучения равно трём;
- Обучающая выборка состоит из 12922 изображений, разделённых на четыре класса;
- Функция активации в каждом слое ReLu;
- Количество фильтров в каждом слое равно 10, каждый из которых имеет размерность 3x3.

При увеличении количества свёрточных слоёв и слоёв пуллинга до трёх, точность распознавания жестов увеличивалась до 97 %. Но при большем количестве слоёв наступило переобучение нейронной сети.

Таким образом, оптимальным вариантом является использование нейронной сети с количеством слоёв свёртки и пуллинга, равное трём.

В Таблице 1 представлены результаты работы сети с различным числом свёрточных слоёв и слоёв пуллинга при обучении на трёх эпохах.

Таблица 1 – Результаты работы сети

| Количество свёрточных слоёв и слоёв пуллинга | Точность работы нейронной сети | Количество эпох обучения |
|--|--------------------------------|--------------------------|
| 1 | 83 % | 3 |
| 2 | 87 % | 3 |

| | | |
|---|------|---|
| 3 | 97 % | 3 |
| 4 | 99 % | 3 |
| 5 | 99 % | 3 |

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что количество слоёв, равное трём является оптимальным, так как показывает наибольшую точность определения жестов в кадре.

При малом количестве свёрточных слоёв выделяются только признаки низкого уровня, например, наличие руки в кадре. Наличие только этих признаков недостаточно для точного определения жеста.

И, наоборот, при слишком большом количестве слоёв выделяется очень много признаков высокого уровня. То есть нейронная сеть начинает запоминать в кадре не только жесты, но и окружение. Данная проблема приводит к переобучению сети, из-за чего она не сможет верно определять жест в условиях с окружением, отличным от окружения, которое было в обучающей выборке.

3.3.2 Количество и размер фильтров.

Для выбора наиболее подходящего количества фильтров в каждом свёрточном слое была исследована точность нейронной сети при следующих параметрах обучения:

- Количество эпох обучения равно трём;
- Обучающая выборка состоит из 12922 изображений, разделённых на четыре класса;
- Функция активации в каждом слое ReLu;
- Число слоёв свёртки равно трём.

При количестве фильтров, равном 10 в каждом слое точность нейронной сети составляет все 93 %. При увеличении фильтров на втором и третьем слоях до 12 и 16 соответственно и уменьшении количества фильтров на первом до 8, точность работы сети возросла. Но при дальнейшем увеличении числа фильтров

во всех слоях наступает переобучение. Результаты работы сети представлены в таблице 2.

Исходя из этого, был использован вариант с количеством фильтров 8, 12, 16 соответственно для каждого слоя.

Таблица 2 – Результаты работы сети

| Количество фильтров в каждом свёрточном слое | Точность работы нейронной сети | Количество эпох обучения |
|--|--------------------------------|--------------------------|
| 10; 10; 10 | 93 % | 3 |
| 8; 12; 16 | 97 % | 3 |
| 12; 14; 16 | 99 % | 3 |

При увеличении числа фильтров увеличивается число параметров, которые могут корректироваться нейронной сетью. То есть увеличивается сложность сети, и она становится способна запоминать большее количество деталей на изображении. Но тут также может возникнуть проблема переобучения.

Выберем размер фильтра свёрточной нейронной сети для первого слоя, в зависимости от точности работы нейронной сети при следующих параметрах:

- Количество эпох обучения равно трём;
- Обучающая выборка состоит из 12922 изображений, разделённых на четыре класса;
- Число слоёв свёртки равно трём;
- Функция активации в каждом слое ReLu;
- Число фильтров в каждом слое 8, 12, 16 соответственно.

При размерности фильтра 3x3 точность работы сети относительно небольшая, всего 89 %. При использовании фильтра с размерностью 5x5 точность существенно увеличилась до 96 %. Но при использовании большей размерности фильтров, равной 7x7 точность упала до 95 %. Результаты работы сети представлены в таблице 3.

Оптимальным решением являются фильтры размером 5x5, так как на данном этапе распознавания жестов не нужно большое количество фильтров для вычисления признаков низкого уровня.

Таблица 3 – Результаты работы сети

| Размер фильтров в первом слое | Точность работы нейронной сети | Количество эпох обучения |
|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| 3x3 | 89 % | 3 |
| 5x5 | 96 % | 3 |
| 7x7 | 95 % | 3 |

Как видно из Таблицы 3, фильтры размером 5x5 в первом слое обладают большей точностью, так как наиболее успешно обнаруживают необходимые признаки низкого уровня. Так как на вход нейронной сети подаются изображения размером 100x100, фильтры размерностью 3x3 хуже выделяют признаки низкого уровня, в отличие от фильтров с более крупным размером.

Таковыми признаками являются, например, цветовые переходы, очертания и формы рук. Для более точного определения жестов в дальнейшем будут использованы фильтры последующих слоёв. Также большое число параметров нейронной сети увеличивает вычисления и уменьшает быстродействие работы сети.

На втором и третьем слоях точность при размерности 3x3 равна 97 %, а при 5x5 уменьшается до 95 %. Соответственно оптимальным вариантом с наибольшей точностью являются фильтры с размерностью 3x3 на втором и третьем слоях.

В Таблице 4 отражены результаты работы свёрточной нейронной сети с различным размером фильтров во втором и третьем слое.

Таблица 4 – Результаты работы сети

| Размер фильтров в первом слое | Точность работы нейронной сети | Количество эпох обучения |
|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------|

| | | |
|-----|------|---|
| 3x3 | 97 % | 3 |
| 5x5 | 95 % | 3 |

Разница в точности обусловлена тем, что на последующих слоях размер изображения снижается, и фильтр большого размера плохо выделяет признаки своего слоя ввиду большого окна фильтра.

Следовательно, наилучшим вариантом будет использование фильтров 3x3 для второго и третьего слоёв свёрточной нейронной сети.

3.3.3 Параметры Drop out слоя

Drop out слой необходим для того, чтобы нейронная сеть не обучала одни и те же нейроны. После его добавления, точность сети увеличивается, так как становятся задействованы все нейроны.

Единственным параметром этого слоя является вероятность “отключения” нейрона. То есть в каждую эпоху обучения нейрон может “выпасть” с определённой вероятностью.

Выберем вероятность “выпадения” нейрона в зависимости от точности работы нейронной сети при следующих параметрах:

- Количество эпох обучения равно трём;
- Обучающая выборка состоит из 12922 изображений, разделённых на четыре класса;
- Число слоёв свёртки равно трём;
- Функция активации в каждом слое ReLu;
- Размерность фильтров в первом слое 5x5, во втором и третьем 3x3;
- Число фильтров в каждом слое 8, 12, 16 соответственно.

С вероятностью 30 % точность обучения равна 82 %. При увеличении вероятности до 50 % точность обучения поднимается до 97 %. Это является оптимальным вариантом. С увеличением вероятности до 60 %, точность падает до 94 %.

В Таблице 5 сравнены точность обучения в зависимости от вероятности выпадения Drop out слоя.

Таблица 5 – Результаты работы сети

| Вероятность “выпадения” нейрона | Точность работы нейронной сети | Количество эпох обучения |
|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| 30 % | 82 % | 3 |
| 50 % | 97 % | 3 |
| 60 % | 94 % | 3 |

Таким образом, оптимальным является величина, равная 0,5. Это связано с тем, что нейронная сеть обучает только определённые нейроны при малом значении вероятности. При слишком большом значении нейроны не успевают обучиться из-за высокого шанса “выпадения”.

3.3.4 Количество нейронов в полносвязном слое.

Данный слой является очень важным, так как способен обобщать данные, полученные с предыдущих слоёв, и принимать решения по классификации исходных данных. При малом числе нейронов в слое, в сети появится ошибка обобщения, она не сможет различать классы жестов. И, наоборот, при большом числе нейронов в слое, сеть будет излишне гибкой в условиях задачи, время на обработку и вычисления увеличится, а также возникнет переобучение.

Для данного слоя экспериментально получим результаты обучения при различном количестве нейронов в полносвязном слое при следующих параметрах:

- Количество эпох обучения равно трём;
- Обучающая выборка состоит из 12922 изображений, разделённых на четыре класса;
- Число слоёв свёртки равно трём;
- Функция активации в каждом слое ReLu;
- Размерность фильтров в первом слое 5x5, во втором и третьем 3x3;
- Число фильтров в каждом слое 8, 12, 16 соответственно;
- Вероятность “выпадения” нейронов 50 %.

При количестве нейронов в полносвязном слое, равном 64 точность нейронной сети очень низкая и составляет 72 %. При увеличении количества нейронов до 128 точность поднимается до оптимального значения в 97 %. При увеличении их количества до 256 наступает переобучение и точность достигает значения в 99 %. Результаты отражены в Таблице 6.

Таблица 6 – Результаты работы сети

| Количество нейронов в слое | Точность работы нейронной сети | Количество эпох обучения |
|----------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| 64 | 72% | 3 |
| 128 | 97% | 3 |
| 256 | 99% | 3 |

Как видно из Таблицы 6, оптимальным количеством нейронов является число, равное 128. При количестве в 256 нейронов сеть переобучается, и неспособна верно определять жесты в реальных условиях. То есть она хорошо “запомнила” обучающую выборку данных, и может показывать отличный результат только на них.

Для того, чтобы избежать переобучения нейронной сети было использовано количество нейронов в полносвязном слое, равное 128.

3.3.5 Функции активации слоёв свёрточной нейронной сети

В данной работе для всех слоёв была проверена точность работы сети при следующих функциях активации [13]:

- 1) Сигмоида;
- 2) Гиперболический тангенс;
- 3) ReLu.

Для выбора функции активации экспериментально получим результаты обучения при следующих параметрах:

- Количество эпох обучения равно трём;

- Обучающая выборка состоит из 12922 изображений, разделённых на четыре класса;
- Число слоёв свёртки равно трём;
- Функция активации в каждом слое ReLu;
- Размерность фильтров в первом слое 5x5, во втором и третьем 3x3;
- Число фильтров в каждом слое 8, 12, 16 соответственно;
- Вероятность “выпадения” нейронов 50%.

В Таблице 7 отображена точность обучения при использовании различных функций активации.

Таблица 7 – Результаты работы различных функций активации

| Название функции активации | Время обучения, с | Точность, % |
|----------------------------|-------------------|-------------|
| Сигмоида | 349 | 95 |
| Гиперболический тангенс | 735 | 94 |
| ReLu | 184 | 95 |

Наиболее эффективной является функция активации ReLu [14]. Эта функция позволяет решить проблему затухающих градиентов. Также ей свойственна более высокая скорость обучения. По сравнению с функцией сигмоиды или гиперболического тангенса количество эпох обучения уменьшилось почти в четыре раза.

Формула ReLU следующая:

$$y(x) = \max(0, x) \quad (1)$$

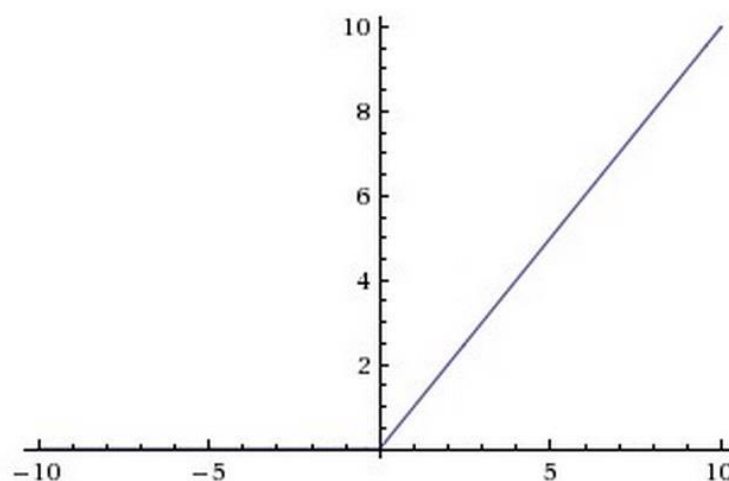


Рисунок 10 – График ReLU

3.3.6 Алгоритм, исключающий случайное распознавание жеста

Несмотря на высокую точность при обучении, нейронная сеть может ошибаться и неверно определять жест или распознавать его там, где его нет.

Чтобы исключить эти ошибки работы сети был разработан алгоритм, исключающий случайное распознавание жеста. Он работает следующим образом:

1. создаётся переменная, отвечающая за количество успешных распознаваний определённого жеста;
2. если в кадре был распознан жест, то переменная инкрементируется.
Если переменная проинкрементировалась до числа, равного десяти, значит, жест успешно распознан;
3. если в одном из кадров сеть распознала отсутствие жеста, то переменная сбрасывается к числу ноль.

Блок-схема работы алгоритма изображена на рисунке 11.

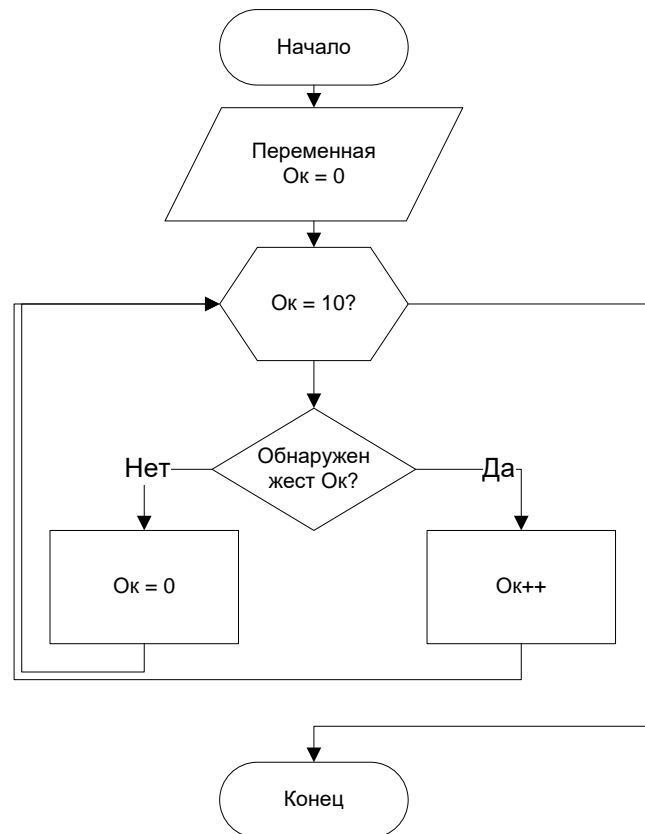


Рисунок 11 – Блок-схема алгоритма, исключающего ложные срабатывания

3.4 Преобразование информации о распознанном жесте в сигнал управления

Для наглядности работы алгоритма были спроектированы программные окна, возникающие при определении одного из жестов.

Все окна созданы на основе библиотеке PyQt5 [15], позволяющей создавать оконные приложения. Эти окна отличаются по своему содержанию: существует окно с календарём, окно с информацией о погоде и окно с проигрывателем музыки.

То есть взаимосвязь определённого жеста и определённого окна следующая:

- при обнаружении жеста “Рука” происходит открытие окна с информацией о погоде;
- при обнаружении жеста “Ок” происходит открытие окна с календарём;

- при обнаружении жеста “Победа” происходит открытие окна с музыкальным проигрывателем.

3.4.1 Окно с информацией о погоде

Данное окно представляет из себя текстовое поле, на котором отображается информация о текущей погоде в г. Томск. Эта информация получается с стороннего сайта погоды методом парсинга, то есть взятием данных из отображаемых переменных на сайте. Затем эта информация обрабатывается и вносится в окно в виде текста. Внешний вид окна изображён на рисунке 12.

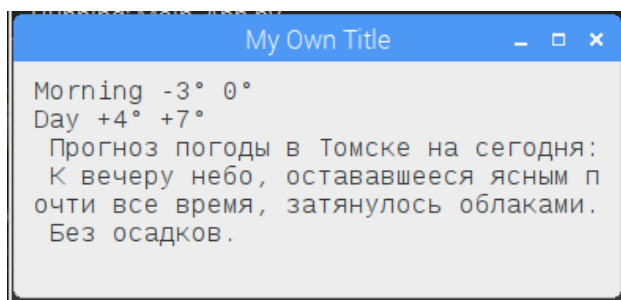


Рисунок 12 – Окно с информацией о погоде

3.4.2 Окно с календарём

Данное окно также представляет из себя текстовое поле. В данном случае текст – это календарь, импортированный из стандартной библиотеки calendar. Внешний вид окна изображён на рисунке 13.

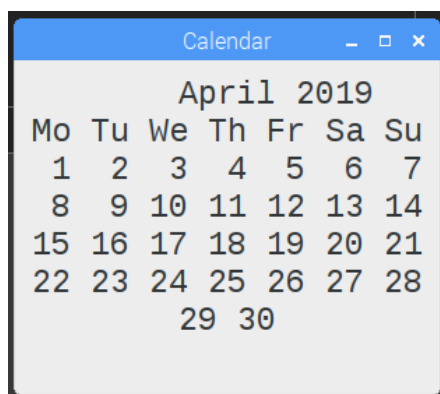


Рисунок 13 – Окно с календарём

3.4.3 Окно с музыкальным проигрывателем

Последнее окно представляет собой набор кнопок, с функциями, аналогичными обычному музыкальному проигрывателю. Внешний вид окна изображён на рисунке 14.

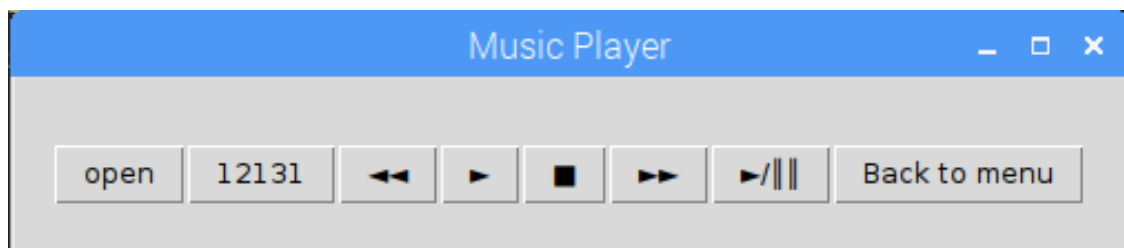


Рисунок 14 – Окно с музыкальным проигрывателем

4 Результаты работы алгоритма распознавания жестов

В результате работы была спроектирована свёрточная нейронная сеть с параметрами, указанными в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты проектирования нейронной сети

| Параметр | | Характеристика |
|--|----------------------|----------------|
| Количество свёрточных слоёв и слоёв пуллинга | | 3 |
| Размер фильтров | Первый слой | 5x5 |
| | Второй и третий слой | 3x3 |
| Количество фильтров для каждого слоя | | 8;12;16 |
| Вероятность Drop-out слоя | | 50 % |
| Количество нейронов в полносвязном слое | | 128 |

Данная свёрточная нейронная сеть обучена на выборке из 12000 изображений, соответствующим четырём классам. Количество эпох обучения равно трём. При большем количестве эпох сеть начинает “выучивать” данные с изображений и становится неспособна работать с окружением, отличным от того, которое присутствует в обучающей выборке. То есть, происходит переобучение.

Общая точность обучения примерно равна 95 %. Результат работы показан на рисунке 15.

```
367/386 [=====>...] - ETA: 3s - loss: 0.1369 - acc: 0.9519
368/386 [=====>...] - ETA: 3s - loss: 0.1368 - acc: 0.9520
369/386 [=====>...] - ETA: 3s - loss: 0.1366 - acc: 0.9522
370/386 [=====>...] - ETA: 2s - loss: 0.1368 - acc: 0.9521
371/386 [=====>...] - ETA: 2s - loss: 0.1369 - acc: 0.9521
372/386 [=====>...] - ETA: 2s - loss: 0.1366 - acc: 0.9522
373/386 [=====>...] - ETA: 2s - loss: 0.1366 - acc: 0.9522
374/386 [=====>...] - ETA: 2s - loss: 0.1364 - acc: 0.9523
375/386 [=====>...] - ETA: 2s - loss: 0.1363 - acc: 0.9523
376/386 [=====>...] - ETA: 1s - loss: 0.1360 - acc: 0.9525
377/386 [=====>...] - ETA: 1s - loss: 0.1357 - acc: 0.9526
378/386 [=====>...] - ETA: 1s - loss: 0.1355 - acc: 0.9526
379/386 [=====>...] - ETA: 1s - loss: 0.1352 - acc: 0.9528
380/386 [=====>...] - ETA: 1s - loss: 0.1351 - acc: 0.9527
381/386 [=====>...] - ETA: 0s - loss: 0.1352 - acc: 0.9527
382/386 [=====>...] - ETA: 0s - loss: 0.1350 - acc: 0.9528
383/386 [=====>...] - ETA: 0s - loss: 0.1350 - acc: 0.9528
384/386 [=====>...] - ETA: 0s - loss: 0.1347 - acc: 0.9530
385/386 [=====>...] - ETA: 0s - loss: 0.1344 - acc: 0.9531
386/386 [=====] - 71s 184ms/step - loss: 0.1342 - acc: 0.9532
Model successfully saved
Process finished with exit code 0
```

Рисунок 15 – Результат работы нейронной сети

16 – 18.

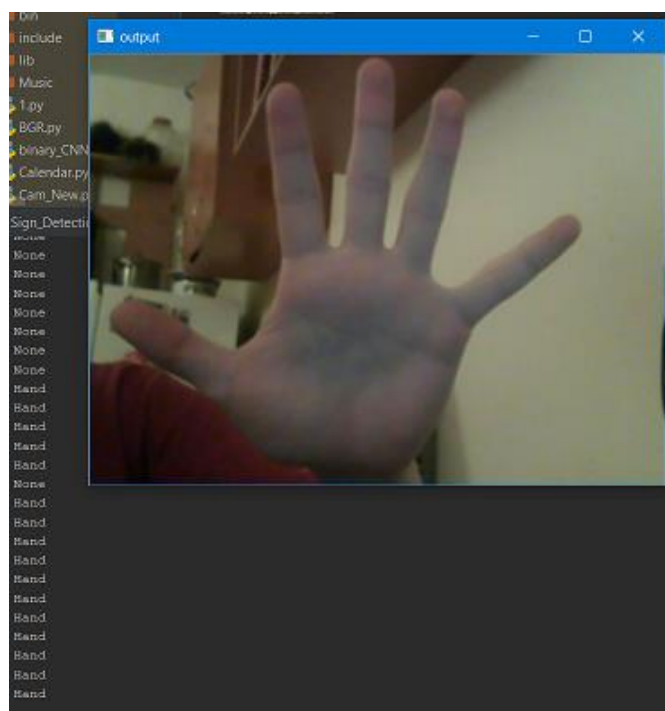


Рисунок 16 – Результат успешного обнаружения жеста

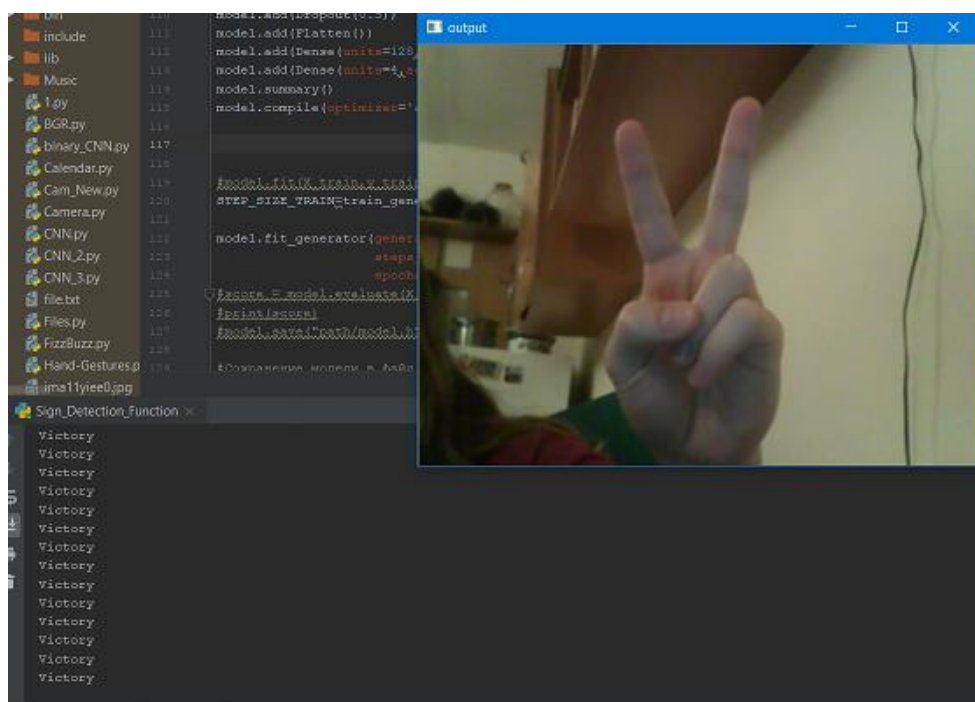


Рисунок 17 – Результат успешного обнаружения жеста

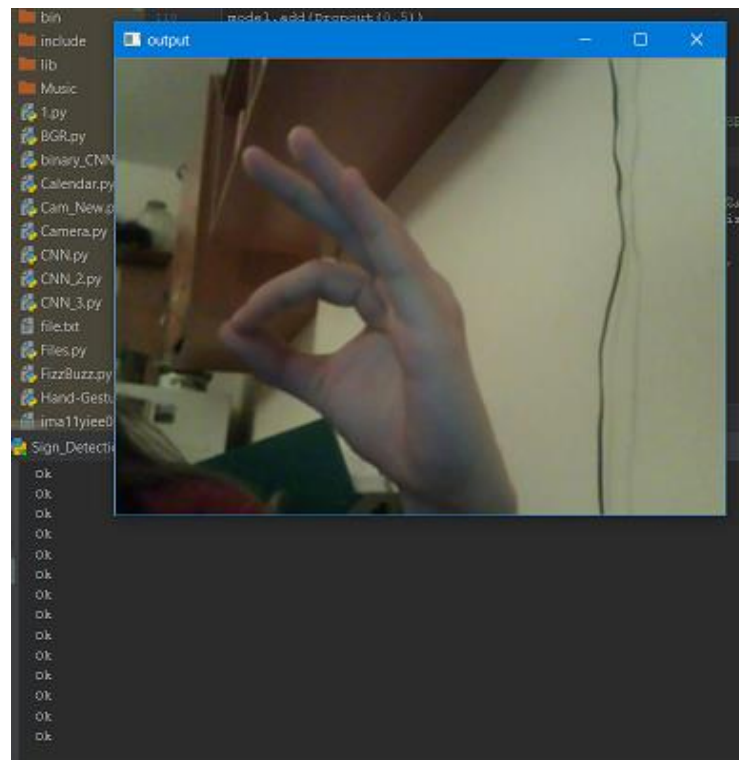


Рисунок 18 – Результат успешного обнаружения жеста

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Цель экономического раздела - провести детальный анализ проекта по критериям конкурентоспособности и ресурсоэффективности. Оценить перспективность проекта, определить трудоемкость и график работ, а также рассчитать интегральный показатель ресурсоэффективности.

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В ходе выпускной квалификационной работы были проведены исследования потребности рынка в устройстве распознавания жестов.

Для определения потенциальных потребителей требуется определить целевой рынок и произвести его сегментирование. В данном случае целевым рынком являются:

- Медицинские учреждения, а именно возможность внедрения устройства в двери;
- Предприятия, где возможно управление объектами небольшим количеством команд, например, передвижение кранов.

В таблице 8 приведены основные сегменты рынка, которые разделены по следующим критериям: размер компании-заказчика, направление деятельности. Буквами обозначены устройства: «А» - текущая разработка, «В» - Microsoft Kinect.

Таблица 8 – Карта сегментирования рынка

| | | Вид деятельности | | |
|--------|---------|------------------|-------------------|----------------------------------|
| | | Открытие дверей | Управление краном | Управление офисными устройствами |
| Размер | Крупные | А, В | А, В | А, В |

| | | | | |
|--|---------|---|------|---|
| | Средние | А | А, В | А |
| | Мелкие | А | А, В | А |

Согласно карте сегментирования, можно выбрать следующие сегменты рынка: разработка устройство с жестовым управлением для мелких и средних компаний.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Устройства распознавания жестов являются узкоспециализированными, и не получили широкого применения. Известно только одно устройство, продающееся на рынке – Kinect компании Microsoft. Устройство Kinect позволяет распознавать жесты при помощи двух камер: обычной и камеры с инфракрасным излучением. При помощи двух камер, Kinect способен построить 3D модель человека, в том числе и его руки. Сейчас это устройство стоит 8500 рублей в среднем.

Недостатками является то, что данное устройство имеет много ненужных частей (две камеры), сложно в адаптации под задачу распознавания жестов, а также дорого стоит.

Также существует ещё один аналог – распознавание жестов возможно при надевании цветных перчаток, по которым программа распознаёт жесты рук при помощи веб-камеры по наличию цветных пикселей на изображении.

После обнаружения этих пикселей происходит вычисление расстояния между ними. Вычислив это расстояние, программа выдаёт информацию о распознанном жесте.

Этот способ распознавания очень интересен в своей реализации, но он имеет огромный недостаток: необходимость надевания специальных перчаток для того, чтобы программа смогла выделить цветные пиксели. Без них программа неработоспособна.

Из этого можно сделать вывод, что требуется разработать устройство, которое будет доступно для использования широкому кругу предприятий.

Проведем анализ конкурентного технического решения с помощью

оценочной карты.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 9 – Оценочная карта

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | | | Конкурентоспособность | | |
|---|--------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|
| | | Б _ф | Б _{к1} | Б _{к2} | К _ф | К _{к1} | К _{к2} |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Технические критерии оценки ресурсоэффективности | | | | | | | |
| 1. Повышение производительности труда пользователя | 0,7 | 5 | 4 | 3 | 3,5 | 2,8 | 2,1 |
| 2. Удобство в эксплуатации | 0,7 | 5 | 4 | 3 | 3,5 | 2,8 | 2,1 |
| 3. Помехоустойчивость | 0,7 | 4 | 4 | 5 | 2,8 | 2,8 | 3,5 |
| 4. Энергоэкономичность | 0,3 | 4 | 4 | 4 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| 5. Надежность | 0,7 | 5 | 5 | 4 | 3,5 | 3,5 | 2,8 |
| 6. Уровень шума | 0,3 | 5 | 5 | 5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| 7. Безопасность | 0,3 | 5 | 5 | 4 | 1,5 | 1,5 | 1,2 |
| 8. Потребность в ресурсах памяти | 0,3 | 4 | 4 | 5 | 1,2 | 1,2 | 1,5 |
| 9. Функциональная мощность | 0,7 | 5 | 5 | 4 | 3,5 | 3,5 | 2,8 |
| 10. Простота эксплуатации | 0,7 | 5 | 5 | 5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| 11. Качество интеллектуального интерфейса | 0,3 | 4 | 5 | 4 | 1,2 | 1,5 | 1,2 |
| 12. Возможность подключения в сеть ЭВМ | 0,3 | 5 | 4 | 5 | 1,5 | 1,2 | 1,5 |
| Экономические критерии оценки ресурсоэффективности | | | | | | | |
| 1. Конкурентоспособность продукта | 0,7 | 5 | 5 | 4 | 3,5 | 3,5 | 2,8 |
| 2. Уровень проникновения на | 0,3 | 4 | 4 | 4 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |

| рынок | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| 3. Цена | 0,7 | 5 | 4 | 5 | 3,5 | 2,8 | 3,5 |
| 4. Предполагаемый срок эксплуатации | 0,7 | 5 | 5 | 4 | 3,5 | 3,5 | 2,8 |
| 5. Послепродажное обслуживание | 0,3 | 4 | 4 | 4 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| 6. Финансирование научной разработки | 0,7 | 4 | 5 | 5 | 2,8 | 3,5 | 3,5 |
| 7. Срок выхода на рынок | 0,3 | 4 | 5 | 4 | 1,2 | 1,5 | 1,2 |
| 8. Наличие сертификации разработки | 0,3 | 4 | 4 | 4 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| Итого | 1 | 91 | 90 | 85 | 46,5 | 45,4 | 42,3 |

где B_{ϕ} - разрабатываемое устройство;

B_{k1} – устройство Kinect;

B_{k2} – цветные перчатки.

Конкурентоспособность рассчитываем по формуле:

$$K = \sum B_i * V_i \quad (2)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки, V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Преимущество перед конкурентом: энергоэффективность, удобство в эксплуатации, повышение производительности труда, надежность и цена.

Недостатками являются: финансирование научной разработки, срок выхода на рынок, помехоустойчивость и качество интеллектуального интерфейса.

5.1.3 Морфологический анализ

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, которые вытекают из закономерностей объекта исследования. Анализ охватывает все возможные варианты. Путем комбинирования вариантов можно получить большое количество различных решений, ряд которых представляет практический интерес. Составим таблицу, в которой будут отражены возможные варианты исполнения по различным проблемам разработки.

Таблица 10 – Морфологический анализ

| Характеристика | Варианты исполнения | | |
|-----------------------|------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Язык программирования | C++ | Java | Python |
| Вид нейронных сетей | Сверточные | Капсюльные | Полносвязные |
| Реализация | Стационарный компьютер | Одноплатный компьютер NanoPi | Одноплатный компьютер Raspberry Pi |

Для создания устройства, способного распознавать жесты был выбран язык программирования Python, так как он имеет много библиотек для создания свёрточных нейронных сетей, а также прост в освоении и реализации. Свёрточные сети наиболее подходят для создания алгоритма распознавания жестов, так как прекрасно работают с изображениями и успешно способны выделять необходимые признаки.

Устройство разрабатывается на одноплатном компьютере Raspberry Pi, потому что он прост в освоении, компактен и имеет небольшую стоимость для приобретения.

Использование нейронных сетей позволяет добиться нового уровня качества, однако они не используются в коммерческих решениях на данный момент.

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Трудоемкость выполнения проекта оценивается в человеко-часах и зависит от множества факторов, которые сложно учесть при разработке. Для реализации проекта необходимо 2 исполнителя – научный руководитель (НР), студент (С). Этапы работы проекта представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Этапы работы проекта

| Основные этапы | № этапа | Содержание работ | Исполнитель |
|--------------------------------|---------|---|-------------|
| Разработка задания | 1 | Постановка задачи | НР, С |
| Выбор направления исследования | 2 | Обзор научно-технической базы | НР, С |
| | 3 | Разработка и утверждение ТЗ | НР, С |
| | 4 | Составление календаря проекта | С |
| | 5 | Разработка вариантов исполнения проекта | НР, С |
| Теоретические исследования | 6 | Сбор обучающих данных | С |
| | 7 | Разработка модуля чтения и предобработки данных | С |
| | 8 | Создание модели свёрточной нейронной сети | С |
| | 9 | Обучение и настройка гиперпараметров нейронной сети | С |
| Экспериментальные исследования | 10 | Проверка работы алгоритма на тестовых данных | НР, С |
| | 11 | Создание управляющих команд и разработка выполняемых действий | С |

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Основная часть стоимости разработки зачастую приходится на заработную плату исполнителей, поэтому важно определить трудоемкость каждого из участников. Ожидаемая трудоемкость находится по формуле:

$$t_{oji} = \frac{3 * t_{mini} + 2 * t_{maxi}}{5} \quad (3)$$

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

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

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работ. Пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств, чел.-дн.

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

$$t_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} \quad (4)$$

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

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

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

Длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой. Для примера произведём расчёт первого этапа работы руководителя:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}} \quad (5)$$

где t_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

t_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$K_{\text{кал}} = \frac{t_{\text{кал}}}{t_{\text{кал}} - t_{\text{вых}} - t_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 16} = 1,5$$

где: $t_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$t_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$t_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

В таблице находятся расчеты этапов отдельных видов работ.

Таблица 12 – Временные показатели проведения научного исследования

| Название работы | Трудоемкость работ | | | | | | Длительность работ в рабочих днях | | Длительность работ в календарных днях | |
|--|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------|
| | t_{\min} чел-дни | | t_{\max} чел-дни | | $t_{\text{ож}} i$ чел-дни | | $t_{\text{р} i}$ | | $t_{\text{к} i}$ | |
| | Студент | Научный руководитель | Студент | Научный руководитель | Студент | Научный руководитель | Одновременно с выполнением работ | | Одновременное выполнение работ | |
| | | | | | | | Студент | Научный руководитель | Студент | Научный руководитель |
| Постановка задачи | 5 | 3 | 8 | 6 | 6,2 | 4,2 | 3,1 | 2,1 | 5 | 4 |
| Обзор научно-технической базы | 7 | 2 | 12 | 4 | 9 | 2,8 | 4,5 | 1,4 | 7 | 3 |
| Разработка и утверждение ТЗ | 7 | 1 | 12 | 2 | 9 | 1,4 | 4,5 | 0,7 | 7 | 2 |
| Составление календаря проекта | 3 | 0 | 5 | 0 | 3,8 | 0 | 3,8 | 0 | 6 | 0 |
| Разработка вариантов исполнения проекта | 9 | 4 | 16 | 7 | 11,8 | 5,2 | 5,9 | 2,6 | 9 | 4 |
| Сбор обучающих данных | 15 | 0 | 27 | 0 | 19,8 | 0 | 19,8 | 0 | 30 | 0 |
| Разработка модуля чтения и предобработки | 6 | 0 | 12 | 0 | 8,4 | 0 | 8,4 | 0 | 13 | 0 |

| | | | | | | | | | | |
|---|----|---|----|---|------|-----|------|-----|-----|----|
| данных | | | | | | | | | | |
| Создание модели свёрточной нейронной сети | 8 | 0 | 14 | 0 | 10,4 | 0 | 10,4 | 0 | 16 | 0 |
| Обучение и настройка гиперпараметров нейронной сети | 10 | 0 | 20 | 0 | 14 | 0 | 14 | 0 | 21 | 0 |
| Проверка работы алгоритма на тестовых данных | 6 | 1 | 14 | 8 | 9,2 | 3,8 | 4,6 | 1,9 | 7 | 3 |
| Создание управляющих команд и разработка выполняемых действий | 10 | 0 | 15 | 0 | 12 | 0 | 12 | 0 | 18 | 0 |
| Составление пояснительной записки | 7 | 0 | 14 | 0 | 9,8 | 0 | 9,8 | 0 | 15 | 0 |
| Итого | | | | | | | | | 154 | 16 |

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

По таблице 12 составим таблицу 13 – продолжительность работ проведения НИОКР.

Таблица 13 – Продолжительность работ проведения НИОКР

| № этапа | Этап | Исполнитель | T _{кi} |
|---------|-------------------|-------------|-----------------|
| 1 | Постановка задачи | НР | 4 |

| | | | |
|----|---|----|----|
| | | С | 5 |
| 2 | Обзор научно-технической базы | НР | 3 |
| | | С | 7 |
| 3 | Разработка и утверждение ТЗ | НР | 2 |
| | | С | 7 |
| 4 | Составление календаря проекта | С | 6 |
| 5 | Разработка вариантов исполнения проекта | НР | 4 |
| | | С | 9 |
| 6 | Сбор обучающих данных | С | 30 |
| 7 | Разработка модуля чтения и предобработки данных | С | 13 |
| 8 | Создание модели машинного обучения | С | 16 |
| 9 | Обучение и настройка гиперпараметров алгоритма с учетом метрик качества | С | 21 |
| 10 | Проверка работы алгоритма на тестовых данных | НР | 3 |
| | | С | 7 |
| 11 | Создание управляющих команд и разработка выполняемых действий | С | 18 |
| 12 | Составление пояснительной записки | С | 15 |

По данным из таблицы 13 «Продолжительность работ проведения НИОКР» создадим диаграмму Ганта студента (таблица 14) и преподавателя (таблица 15), которая строилась при максимальном количестве дней каждой работы.

Таблица 14. Диаграмма Ганта. График работы студента

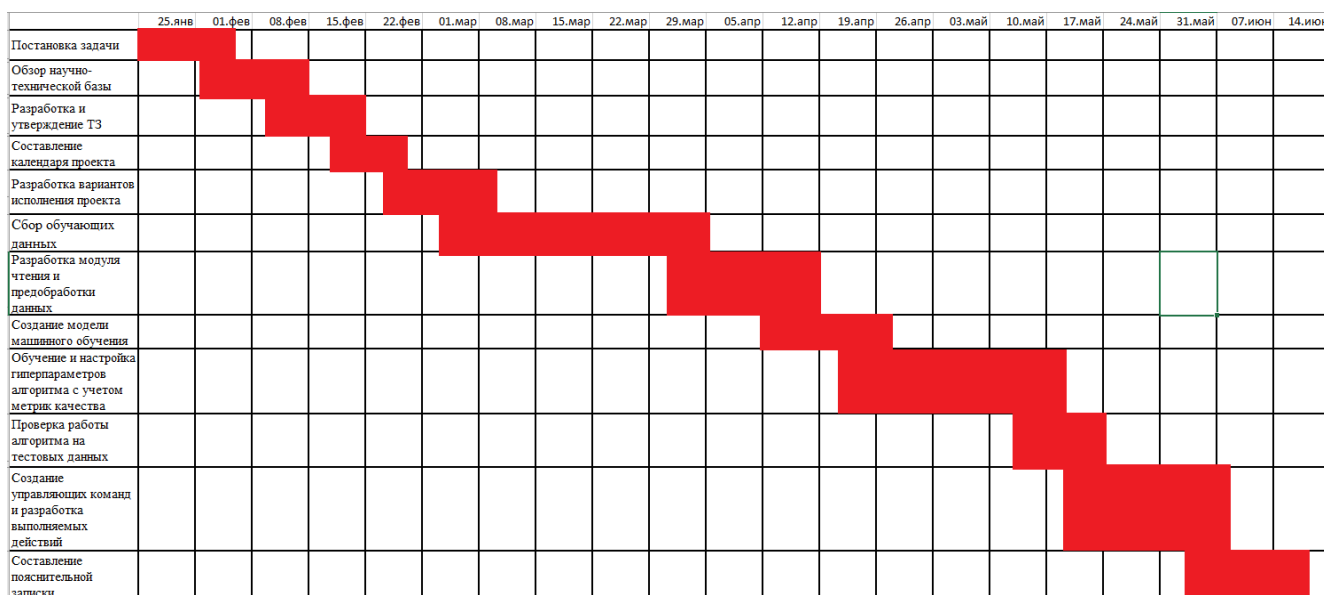
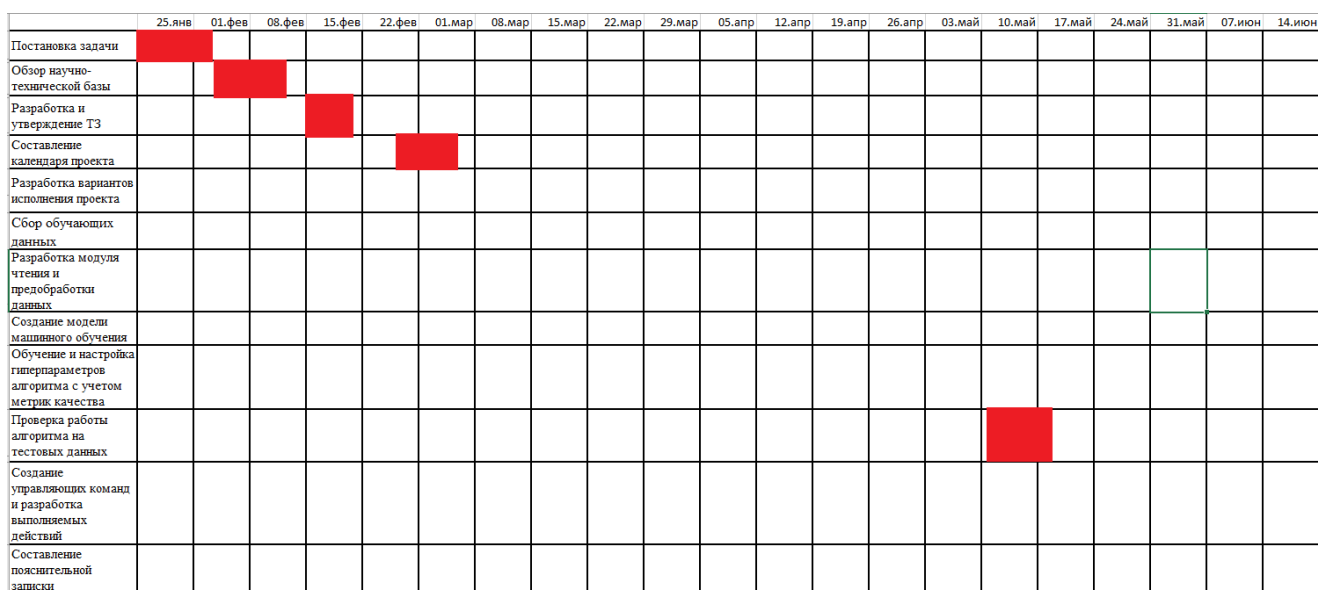


Таблица 15. Диаграмма Ганта. График работы научного руководителя



5.2.4 Бюджет научно-технического исследования

Бюджет научно-технического исследования должен быть основан на достоверном отображении всех видов расходов, связанных выполнением проекта. В процессе формирования бюджета разработки используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты разработки;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты на научные и производственные командировки;
- накладные расходы.

5.2.5 Расчет материальных затрат

Материальные затраты - это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции. Все материальные затраты на создание устройство по распознаванию жестов приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Материальные затраты

| № | Название | Стоимость, руб |
|-------|--|----------------|
| 1 | Веб-камера Logitech | 950 |
| 2 | Одноплатный компьютер Raspberry Pi 3 B+ | 4000 |
| Итого | | 4950 |

5.2.6 Основная заработная плата исполнителям темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату. Она рассчитывается по формуле:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} \quad (6)$$

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

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_{м*М}}{F_{д}} \quad (7)$$

где $З_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$М$ – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $М=11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $М=10,4$ месяца, 6-дневная неделя; при отпуске в 72 раб. дней $М=9,6$;

$F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 17 – Баланс рабочего времени

| Показатели рабочего времени | Руководитель | Студент |
|---|--------------|---------|
| Календарное число дней | 365 | 365 |
| Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни | 120 | 120 |
| Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни | 48 | 72 |
| Действительный годовой фонд рабочего времени | 197 | 173 |

Месячный оклад работника рассчитывается по формуле:

$$З_{м} = З_{тс} * (1 + k_{пр} + k_{д}) * k_p \quad (8)$$

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

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

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20% от $Z_{тс}$);

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска). Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет основной заработной платы

| Исполнители | Разряд | $Z_{тс}$ | $k_{пр}$ | k_d | k_p | Z_m | $Z_{дн}$ | T_p | $Z_{осн}$ |
|-----------------|--------|----------|----------|-------|-------|----------|----------|-------------|-----------|
| | | руб. | | | | руб | руб. | раб. дн. | руб. |
| Руководитель | 1 | 9489 | 0,3 | 0,2 | 1,3 | 18503,55 | 976,83 | 16 | 15629,28 |
| Студент | | 1854 | 0 | 0 | 1,3 | 2410,2 | 130,95 | 129 | 16829,55 |
| Итого $Z_{осн}$ | | | | | | | | | =32458,83 |

5.2.7 Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата включает заработную плату за не отработанное рабочее время, но гарантированную действующим законодательством. Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} + Z_{осн} \quad (9)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15);

$k_{доп}$ равен 0,12.

Результаты по расчетам дополнительной заработной платы сведены в таблицу 19.

Таблица 19 – Затраты на дополнительную заработную плату

| Исполнители | Основная зарплата (руб.) | Коэффициента дополнительной заработной платы ($k_{доп}$) | Дополнительная зарплата (руб.) |
|--------------|-----------------------------|---|-----------------------------------|
| Руководитель | 15629,28 | 0,12 | 1875,51 |

| | | | |
|---------|----------|------|---------|
| Студент | 16829,55 | 0,12 | 2019,55 |
| Итого: | | | 3895,06 |

5.2.8 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} * (З_{осн} + З_{доп}) \quad (10)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2019 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2019 году пониженная ставка – 27,1 %. Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Отчисления во внебюджетные фонды

| Исполнитель | Основная заработная плата, руб. | Дополнительная заработная плата, руб. |
|--|---------------------------------|---------------------------------------|
| | | |
| Руководитель проекта | 15629,28 | 1875,51 |
| Студент | 16829,55 | 2019,55 |
| Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды | 27,1% | |
| Итого | | |
| Руководитель | 4743,80 | |
| Студент | 5108,11 | |
| Итого | 9851,91 | |

5.2.9 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов, оплата услуг связи, электроэнергии и т.д. Расчет накладных расходов определяется по формуле:

$$З_{внеб} = \sum C_T * k_{нр} \quad (11)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы;

C_T – затраты по статьям накладных расходов.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 5%.

$$З_{нак} = (9851,91 + 17504,79 + 18849,1) * 0.05 = 2310,29 \text{ руб.}$$

5.2.10 Контрагентные расходы

Контрагентные расходы включают затраты, связанные с выполнением каких-либо работ по теме сторонними организациями (контрагентами, субподрядчиками).

В данном проекте есть контрагентные работы отсутствуют.

5.2.11 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет бюджета затрат НТИ

| Наименование статьи | Сумма (руб.) |
|---|--------------|
| 1. Материальные затраты НТИ | 4950 |
| 2. Затраты на заработную плату научному руководителю | 17504,79 |
| 3. Затраты на заработную плату студенту | 18849,1 |
| 4. Затраты на отчисления во внебюджетный фонд | 9851,91 |
| 5. Накладные расходы | 2310,29 |
| Бюджет затрат НТИ | 53466,09 |

ТПУ частично финансирует проект, предоставляя аудиторию для работы, заработную плату и иные ресурсы.

5.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (12)$$

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

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Примем, что стоимость разработки устройства Kinect, равняется 70000 руб, цветных перчаток 61000 руб, у студента с руководителем 54000 руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{Kinect}} = \frac{70000}{70000} = 1$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{цв.перч}} = \frac{61000}{70000} = 0,87$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{студент}} = \frac{54000}{70000} = 0,77$$

5.3.1 Интегральный показатель ресурсоэффективности

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта приведена в таблице 22.

Таблица 22 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

| Объект исследования Критерии | Весовой коэффициент параметра | Студент | Kinect | Цветн ые перчат ки |
|---|-------------------------------------|---------|--------|-----------------------------|
| 1. Способствует росту производительности труда пользователя | 0,15 | 5 | 5 | 4 |
| 2. Удобство в эксплуатации | 0,3 | 5 | 4 | 3 |

| | | | | |
|--|------|----|----|----|
| (соответствует требованиям потребителей) | | | | |
| 3. Помехоустойчивость | 0,05 | 4 | 4 | 3 |
| 4. Энергосбережение | 0,1 | 4 | 4 | 4 |
| 5. Надежность | 0,25 | 5 | 5 | 4 |
| 6. Материалоемкость | 0,15 | 5 | 4 | 4 |
| Итого | 1 | 28 | 26 | 22 |

В результате расчётов получились следующие интегральные показатели ресурсоэффективности:

$$I_{\text{студент}} = 0,75 + 1,5 + 0,2 + 0,4 + 1,25 + 0,75 = 4,85$$

$$I_{\text{Kinect}} = 0,75 + 1,2 + 0,2 + 0,4 + 1,25 + 0,6 = 4,4$$

$$I_{\text{цв.перч}} = 0,6 + 0,9 + 0,15 + 0,4 + 1 + 0,6 = 3,65$$

Рассчитаем интегральные показатели эффективности вариантов исполнения разработки:

$$I_{\text{студент}} = \frac{4,85}{0,77} = 6,3$$

$$I_{\text{Kinect}} = \frac{4,4}{1} = 4,4$$

$$I_{\text{цв.перч}} = \frac{3,65}{0,87} = 4,19$$

Рассчитаем сравнительную эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср1}} = \frac{6,3}{6,3} = 1$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср2}} = \frac{4,4}{6,3} = 0,7$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср3}} = \frac{4,19}{6,3} = 0,67$$

Результат вычисления сравнительной эффективности проекта и сравнительная эффективность анализа представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Сравнительная эффективность разработки

| № п/п | Показатели | Студент | Kinect | Цветные перчатки |
|----------|---|---------|--------|---------------------|
| 1 | Интегральный финансовый показатель разработки | 0,77 | 1 | 0,87 |
| 2 | Интегральный показатель ресурсоэффективности | 4,85 | 4,4 | 3,65 |

| | | | | |
|---|--|-----|-----|------|
| | разработки | | | |
| 3 | Интегральный показатель эффективности | 6,3 | 4,4 | 4,19 |
| 4 | Сравнительная эффективность вариантов исполнения | 1 | 0,7 | 0,67 |

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что разработанный проект выделяется по таким показателям как: эффективность и финансовый показатель. По ресурсоэффективности данный проект не сильно отстает от лидера по этому показателю.

Заключение по разделу

В результате исследования были определены затраты на проект по разработке устройства распознавания жестов. Бюджет составляет 53466,09 рублей. Приняв во внимание все преимущества разрабатываемого устройства, можно предположить, что продукт будет иметь спрос на рынке и станет достойным аналогом своим конкурентам.

6 Социальная ответственность

Введение

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка устройства, способного распознавать жесты, и, в зависимости от определённого жеста вырабатывать управляющие сигналы.

В данном разделе ВКР исследованы меры по защите работника от возможного негативного воздействия среды, а также вредные и опасные факторы среды. Кроме того, были рассмотрены возможные чрезвычайные ситуации и действия, которые разработчик должен выполнить в случае возникновения чрезвычайной ситуации.

Разработанное устройство может использоваться для бесконтактного управления другими устройствами и механизмами. Например, открытие двери при распознавании жеста.

Были выделены и рассмотрены такие факторы, воздействующие на разработчика устройства, как: освещение, микроклимат, электромагнитное излучение, нервно-психические перегрузки. К опасным факторам при работе с персональным компьютером можно отнести высокое напряжение и возможность короткого замыкания, влекущего за собой опасность поражения разработчика электрическим током. Рассматриваются вопросы правового регулирования трудовых отношений, связанных с использованием разработанной системы. Программные продукты не оказывают непосредственного негативного влияния на окружающую среду, однако их использование сопряжено с использованием одноплатных компьютеров, что оказывает негативное влияние на литосферу при их утилизации.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

При разработке устройства разрабатывался алгоритм распознавания жестов при помощи ПК. При работе с ПК обязаны быть выполнены следующие требования [28]:

- к помещению;

- к освещению;
- к организации медицинского обследования пользователей;
- и многое другое.

Немаловажным фактором при выборе компьютеров для сотрудников является возможность конструкции компьютера изменять положение ПК в различных плоскостях (горизонтальные или вертикальные), с возможной устойчивой фиксацией в положении, которая удобна пользователю. Цвет корпуса ПК должен быть нежным, спокойным без блестящих деталей, который создавая блики, вызывают повышенную утомляемость глаз. Экран монитора должен содержать регулировку яркость и контрастности, что каждый работник мог установить нужный режим, которые будет соответствовать чувствительности глаз.

Устройство рабочего стола должна быть использовано для оптимального размещения используемого оборудования. Кроме того, форма рабочего стола должна быть удобна для поддержания рациональной позы пользователя, так что бы он мог менять положения своего тела для предупреждения утомления. На рисунках 19 и 20 приведена возможная схема рабочего места сотрудника.

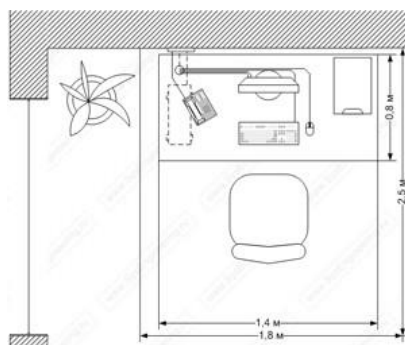


Рисунок 19 – Схема рабочего места (вид сверху)

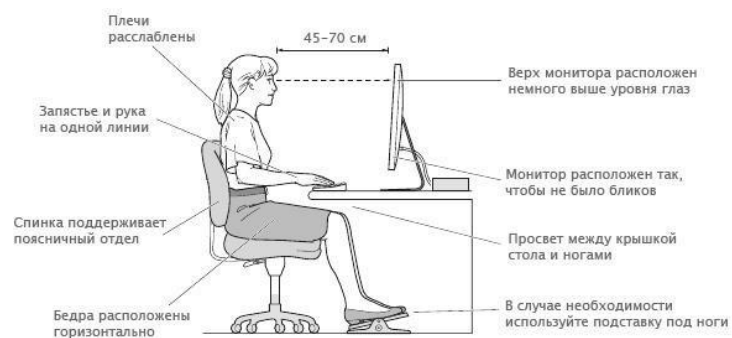


Рисунок 20 – Схема рабочего места (вид сбоку)

Согласно 212 статье ТК РФ работодатель имеет ряд обязательств по обеспечению безопасных условий и охраны труда. В данный ряд входит обеспечение соответствия условий рабочих мест и режима работы требованиям норм охраны труда, проведение медицинских осмотров, организация проведения медицинских осмотров, установление режима труда и отдыха в соответствии с законодательством и т.д.

6.2 Производственная безопасность

Вредные и опасные факторы, воздействующие на сотрудника, устанавливаются согласно ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке устройства распознавания жестов отражены в таблице 24:

Таблица 24 – Вредные и опасные факторы

| Источник фактора, наименование видов работ | Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)[18] | | Нормативные документы |
|--|-------------------------------------|---------|-----------------------|
| | Вредные | Опасные | |
| | | | |

| | | | |
|--|---|--|--|
| Разработка устройства, способного распознавать жесты на основе одноплатного компьютера | <p>Отклонение показателей освещения на рабочем месте.</p> <p>Повышенный уровень шума на рабочем месте.</p> <p>Отклонение показателей микроклимата на рабочем месте.</p> <p>Психофизиологические факторы: нервно-психические перегрузки.</p> | <p>Электрический ток (причиной является использование ПК).</p> <p>Возможность короткого замыкания.</p> <p>Повышенный уровень статического электричества.</p> | <p>Освещение, шум, статическое электричество, психофизиологические факторы:</p> <p>СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [22]</p> <p>ТОИ Р-45-084-01</p> <p>Микроклимат: СанПиН 2.2.4.548-96 [23]</p> <p>СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03</p> <p>Электрический ток, короткое замыкание:</p> |
|--|---|--|--|

| | | | |
|--|--|--|---|
| | | | <p>«Правила устройства электроустановок»</p> <p>утвержденные</p> <p>Главтехуправлением,</p> <p>Госэнергонадзором</p> <p>Минэнерго</p> <p>СССР</p> <p>05.10.1979 г.</p> <p>ГОСТ 12.1.033-81</p> <p>«Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей»,</p> <p>утверждённые</p> <p>Приказом Минэнерго России от 13.01.2003 г.</p> <p>№6</p> <p>«Межотраслевые правила охраны труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок»</p> <p>(ПОТ РМ 016-2001),</p> <p>утвержденные</p> <p>Постановлением</p> <p>Минтруда России от</p> <p>№3.</p> |
|--|--|--|---|

6.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов

6.3.1 Отклонения показателей микроклимата

В производственных помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является основной (диспетчерские, операторские, расчетные, кабины и посты управления, залы вычислительной техники и др.) и связана с нервно-эмоциональным напряжением, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата для категории работ 1а и 1б в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений. На других рабочих местах следует поддерживать параметры микроклимата на допустимом уровне, соответствующем требованиям указанных выше нормативов.

Содержание вредных химических веществ в производственных помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является основной (диспетчерские, операторские, расчетные, кабины и посты управления, залы вычислительной техники и др.), не должно превышать предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест в соответствии с действующими гигиеническими нормативами.

Также указывается, что в помещениях с ПЭВМ должна ежедневно проводиться влажная уборка.

Уставленные гигиенические нормативы для помещений с ВДТ и ПЭВМ для категории работы 1б приведены в таблице 25.

Таблица 25 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96) [24].

| Период года | Категория работ по уровню энергозатрат | Температура воздуха, °C | Температура поверхностей, °C | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с |
|-------------|--|-------------------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| Холодный | 1б (140-174) | 21-23 | 20-24 | 60-40 | 0.1 |

| | | | | | |
|--------|-----|-------|-------|-------|-----|
| Теплый | Вт) | 22-24 | 21-25 | 60-40 | 0.1 |
|--------|-----|-------|-------|-------|-----|

6.3.2 Недостаточная освещённость рабочей зоны; отсутствие или недостаток естественного света

Отсутствие хорошего освещения может привести к профессиональным заболеваниям, а также ухудшению концентрации работников. Работа инженера-программиста в основном проводится за дисплеем персонального компьютера, что вынуждает его работать с контрастным фоном, в случае недостаточной освещённости рабочего места. В результате у работника может ухудшиться зрение, а также возникнуть переутомление. То же самое происходит и при избыточном освещении помещения.

В данном случае к негативным факторам относятся повышенные уровни излучения, а также увеличенная нагрузка на зрительные органы. Требования к освещению установлены в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [27] (таблица 26).

Таблица 26 – Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

| | |
|--|------------------------------|
| Освещенность на рабочем столе | 300-500 лк |
| Освещенность на экране ПЭВМ | Не выше 300 лк |
| Блики на экране | Не выше 40 кд/м ² |
| Прямая блескость источника света | 200 кд/м ² |
| Показатель ослепленности | Не более 20 |
| Показатель дискомфорта | Не более 15 |
| Отношение яркости между рабочими поверхностями | 3:1-5:1 10:1 |
| Коэффициент пульсации | Не более 5% |

6.3.3 Превышение уровня шума

В производственных помещениях при выполнении основных или вспомогательных работ с использованием ПЭВМ уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимых значений, установленных для

данных видов работ в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами.

В СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [29] установлены допустимые значения уровней звукового давления, создаваемого ПЭВМ (таблица 27).

Таблица 27 – Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ

| Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами | | | | | | | | | Уровни звука в дБА |
|---|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|--------------------|
| 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | |
| 86 | 71 | 61 | 54 | 49 | 45 | 42 | 40 | 38 | 50 |

6.3.4 Психофизиологические факторы

Работа с ПК сопряжена с воздействием вредных психофизиологических факторов, в частности, нервно-психических перегрузок. Для снижения воздействия вредных факторов, устанавливаются перерывы в работе для отдыха сотрудников. Суммарное время регламентированных перерывов при работе с ПК зависит от категории трудовой деятельности и уровня нагрузки за рабочую смену [25]. В таблице 28 приведено суммарное время отдыха для каждой категории работ.

Таблица 28. Суммарное время перерывов в зависимости от категории работы и нагрузки

| Категория работы с ПЭВМ | Группа А, количество знаков | Группа Б, количество знаков | Группа В, часов | |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|----|
| I | до 20 000 | до 15 000 | до 2 | 50 |
| II | до 40 000 | до 30 000 | до 4 | 70 |
| III | до 60 000 | до 40 000 | до 6 | 90 |

В данном случае уровень нагрузки относится к группе В, категория работы III. Согласно таблице, требуется установить перерывы, сумма которых за смену составит не менее 90 минут. По типовой инструкции по охране труда при работе на персональном компьютере ТОО Р-45-084-01 для данной категории работ требуется установить перерывы по 15 минут каждый трудовой час.

6.3.5 Статическое электричество

В помещениях, оборудованных ПЭВМ, токи статического электричества чаще всего возникают при прикосновении персонала к любому из элементов ПЭВМ. Такие разряды опасности для человека не представляют, однако кроме неприятных ощущений могут привести к выходу оборудования из строя.

Для предотвращения образования и защиты от статического электричества в помещении используются нейтрализаторы и увлажнители, а полы имеют антистатическое покрытие в виде поливинилхлоридного антистатического линолеума.

Также в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 установлен максимальный допустимый электростатический потенциал экрана видеомонитора – 500 В.

В качестве мер уменьшения влияния вредных факторов на пользователя используются защитные фильтры для мониторов, увлажнители воздуха. Должны использоваться розетки с заземлением. Требуется проводить регулярную влажную уборку.

6.3.6 Электрический ток

К опасностям использования электрического тока относятся возможность поражения электрическим током, а также воспламенения электронных устройств из-за воздействия различных условий – попадания влаги или нарушения изоляции

Поражение электрическим током может привести к ожогам, судорогам, повреждению нервной системы, а также смерти. Возникновение пожара может

привести к последствиям, описанным в ГОСТ 12.1.033-81.

Во избежание смерти и других негативных эффектов необходимо соблюдать правил пожарной и электрической безопасности. Подготовка к возникновению данных ситуаций должна производиться до начала работы.

Требования безопасности при эксплуатации электрооборудования регламентируются следующими нормативными актами:

- Правилами устройства электроустановок (издание шестое с отдельными разделами и главами в издании седьмом), утвержденными Главтехуправлением, Госэнергонадзором Минэнерго СССР 05.10.1979 г.;
- Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей, утверждёнными Приказом Минэнерго России от 13.01.2003 г. №6;
- Межотраслевыми правилами охраны труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок (ПОТ РМ 016-2001), утвержденными Постановлением Минтруда России от 05.01.2001 г. №3.
- Согласно им:
- электрооборудование, имеющее контакты для подключения заземления, должно быть заземлено, а помещения, где размещаются рабочие места с ПЭВМ, должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации оборудования;
- все крышки и защитные панели должны находиться на своих местах (при отсутствии крышки или защитной панели эксплуатация электрооборудования не допускается);
- при работе с электрооборудованием не допускать попадания влаги на поверхность электрооборудования, а также запрещается работать на

электрооборудовании влажными руками;

- вентиляционные отверстия электрооборудования не должны быть перекрыты находящимися вплотную стенами, мебелью, посторонними предметами;
- выдергивание штепсельной вилки электроприбора необходимо осуществлять за корпус штепсельной вилки, при необходимости придерживая другой рукой корпус штепсельной розетки;
- подключение и отключение разъемов компьютеров и оргтехники должно производиться при отключенном питании (за исключением подключения и отключения USB-устройств);
- удаление пыли с электрооборудования должно производиться в отключенном от электрической цепи состоянии;
- перед использованием электроприборов необходимо проверить надёжность крепления электророзетки, свериться с номиналом используемого напряжения;
- корпуса штепсельных розеток и выключателей не должны содержать трещин, оплавлений и других дефектов, способных снизить защитные свойства или нарушить надёжность контакта;
- кабели (шнуры) электропитания не должны содержать повреждений изоляции, сильных изгибов и скручиваний;

6.4 Экологическая безопасность

Одноплатный компьютер может нагреваться, а также быть источником электромагнитного и ионизирующего излучения, а также шума. Для защиты здоровья сотрудников, работающих с программным обеспечением, рекомендуется соблюдать необходимую дистанцию при работе с компьютером (от 0.5 до 1 м), а также использовать эффективные охлаждающие системы и наиболее современное и эффективное оборудование.

Федеральный закон № 89 от 1998г. «Об отходах производства и

потребления» запрещает юридическим лицам самовольно избавляться от опасных отходов. Этим видом деятельности, согласно постановлению Правительства РФ № 340 от 2002 г., могут заниматься только специализированные структуры. В их число входят и фирмы, которые занимаются утилизацией электронных отходов.

Обращение с отходами регламентируется ГОСТ Р53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами.» [30]

Поэтому, при необходимости утилизировать вышедшую из употребления электронику наиболее безопасным для окружающей среды способом необходимо обращаться в специализированную компанию по утилизации. Такие компании действуют на всей территории Российской Федерации, в том числе и в Томской области. Необходимо отметить, что в целом при работе с компьютером существенного загрязнения окружающей среды не происходит и вредные выбросы не сравнимы с производственными.

Также существуют компании, занимающиеся утилизацией энергосберегающих ламп. Причина опасности данных ламп заключается в наличии ртути в их составе. Специализированные компании занимаются демеркуризацией и утилизацией ртутных отходов. Данные компании имеют специальные лицензии на сбор, использование, транспортировку отходов. В случае выхода из строя используемой электроники или ламп, отходы передаются в соответствующие компании.

6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией при разработке алгоритма является пожар на рабочем месте. В качестве противопожарных мероприятий должны быть применены следующие меры:

- в помещении должны находиться средства тушения пожара, средства связи;

- электрическая проводка электрооборудования и осветительных приборов должна быть исправна;
- все сотрудники должны знать место нахождения средств пожаротушения и уметь ими воспользоваться, средств связи и номера экстренных служб.

В связи с возможностью возникновения пожара разработан следующий план действий:

- в случае возникновения пожара сообщить о нем руководителю, постараться устранить очаг возгорания имеющимися силами при помощи первичных средств пожаротушения (огнетушитель порошковый, углекислотный О-1П0 (з)-АВСЕ);
- привести в действие ручной пожарный извещатель, если очаг возгорания потушить не удастся;
- сообщить о возгорании в службу пожарной охраны по телефону 01 или 010, сообщить адрес, место и причину возникновения пожара;
- принять меры по эвакуации людей и материальных ценностей;
- встретить пожарную охрану, при необходимости сообщить всю необходимую информацию и оказать помощь при выборе наилучшего подхода к очагу возгорания.

Рабочее помещение оборудовано в соответствии с требованиями пожарной безопасности. Имеется порошковый огнетушитель, а также пожарная сигнализация и средства связи.

Заключение по разделу

В ходе выполнения работы над разделом “Социальная ответственность” были выявлены опасные и вредные факторы, воздействию которых может подвергнуться человек, использующий устройство распознавания жестов.

Был проведён анализ нормативной документации. В целом, рабочее место удовлетворяет требованиям безопасности.

Выполняемая работа не сопряжена с высоким риском травматизма.

Освещение на рабочем месте соответствует нормам – используется несколько энергосберегающих ламп.

Уровни шума находятся в допустимых пределах – источником шума при эксплуатации ПК могут являться системы охлаждения, а также жесткий диск, однако уровень создаваемого ими шума невысок.

Микроклиматические условия соблюдаются за счет использования систем отопления и кондиционирования.

Защита от повреждений электроники статическим электричеством не обеспечивается, однако так как корпус ПК закрыт, вероятность поражения элементов или работника минимальна (если не прикасаться мокрыми руками к корпусу).

Во время работы делаются перерывы для снижения нагрузки и предотвращения нервно-психических перегрузок.

Помещение оборудовано согласно требованиям электробезопасности.

В случае выхода из строя используемой электроники или ламп, отходы передаются в соответствующие компании.

Рабочее помещение оборудовано в соответствии с требованиями пожарной безопасности. Имеется порошковый огнетушитель, а также пожарная сигнализация.

Заключение

Результатом данной выпускной квалификационной работы бакалавра является разработанная программа распознавания жестов рук человека. В процессе разработки были получены следующие знания:

- Изучена структура свёрточных нейронных сетей, а также их основные параметры: фильтры, слой свёртки и пуллинга, слой Drop out и полносвязный слой;
- Собран датасет в размере 12000 изображений для обучения, поделенный на 4 класса: жест “Рука”, жест “Ок”, жест “Победа” и класс “отсутствие жеста”;
- Получены навыки работы с библиотеками PIL, PyQt, OpenCV и Keras;
- Получены навыки обучения нейронных сетей;
- Разработан алгоритм, исключающий случайное обнаружение жеста;
- Разработаны окна для визуализации работы алгоритма, а именно окно с информацией о погоде, окно с календарём и окно с музыкальным проигрывателем.

По итогу работы обучена свёрточная нейронная сеть, распознающая жесты с точностью 95 %. Этой точности не всегда достаточно для успешного распознавания. В дальнейшем планируется увеличить выборку данных для повышения точности работы нейронной сети.

Полученные навыки можно применить в дальнейшей разработке роботов или систем с управлением при помощи жестов. Данный тип управления имеет преимущества перед другими, а именно: отсутствие физического контакта с самим устройством и простота в использовании.

Список литературы

1. Система распознавания жестов в реальном времени с цветными перчатками [Электронный ресурс] Режим доступа: свободный. URL: <http://people.csail.mit.edu/rywang/handtracking/> (Дата обращения: 10.04.2019).
2. GRASP — говорящие перчатки для глухонемых [Электронный ресурс] Режим доступа: свободный. URL: https://www.researchgate.net/publication/2744867_Auslan_Sign_Recognition_Using_Computers_and_Gloves (Дата обращения: 10.04.2019).
3. Автоматическое преобразование жестов русской ручной азбуки в текстовый вид [Электронный ресурс] Режим доступа: свободный. URL: http://www.isa.ru/aidt/images/documents/2013-03/59_66.pdf (Дата обращения: 10.04.2019).
4. Сверточная нейронная сеть, часть 1: структура, топология, функции активации и обучающее множество [Электронный ресурс] Режим доступа: свободный. URL: <https://habr.com/ru/post/348000/> (Дата обращения: 12.02.2019).
5. Как работает сверточная нейронная сеть: архитектура, примеры, особенности [Электронный ресурс] Режим доступа: свободный. URL: <https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/glubokaya-svertochnaja-nejronnaja-set/> (Дата обращения: 24.03.2019).
6. Свёрточные нейронные сети: взгляд изнутри [Электронный ресурс] Режим доступа: свободный. URL: <http://ru.datasides.com/code/cnn-convolutional-neural-networks/> (Дата обращения: 16.02.2019).
7. Использование генератора изображений Keras [Электронный ресурс] Режим доступа: свободный. URL: <https://blog.keras.io/building-powerful-image-classification-models-using-very-little-data.html> (Дата обращения: 18.01.2019).

8. Библиотека NumPy [Электронный ресурс] Режим доступа: свободный. URL: <https://docs.scipy.org/doc/numpy/> (Дата обращения: 15.03.2019).
9. Матричные фильтры обработки изображений [Электронный ресурс] Режим доступа: свободный. URL: <https://habr.com/ru/post/142818/> (Дата обращения: 28.01.2019).
10. OpenCV Гауссов фильтр. Применение в Python [Электронный ресурс] Режим доступа: свободный. URL: <https://docs.opencv.org/2.4/modules/imgproc/doc/filtering.html?highlight=gaussianblur#gaussianblur> (Дата обращения: 28.01.2019).
11. Библиотека Keras. Свёрточный слой [Электронный ресурс] Режим доступа: свободный. URL: <https://keras.io/layers/convolutional/> (Дата обращения: 24.03.2019).
12. Библиотека Keras. Слой пуллинга [Электронный ресурс] Режим доступа: свободный. URL: <https://keras.io/layers/pooling/> (Дата обращения: 22.03.2019).
13. Функции активации в нейронных сетях [Электронный ресурс] Режим доступа: свободный. URL: <http://www.aiportal.ru/articles/neural-networks/activation-function.html> (Дата обращения: 18.01.2019).
14. Выбор функции активации и обучение нейронной сети [Электронный ресурс] Режим доступа: свободный. URL: <https://monographies.ru/ru/book/section?id=2465> (Дата обращения: 18.01.2019).
15. Использование PyQt5 [Электронный ресурс] Режим доступа: свободный. URL: <https://pythonspot.com/pyqt5/> (Дата обращения: 18.01.2019).
16. Microsoft Kinect [Электронный ресурс] Режим доступа: свободный. URL: <https://developer.microsoft.com/en-us/windows/kinect> (Дата обращения: 10.04.2019).

17. СП 52.13330.2016 Свод правил. Естественное и искусственное освещение.
18. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
19. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
20. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
21. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Изд-во Юрайт, 2013. – 671с.
22. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197–ФЗ.
23. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
24. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.
25. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
26. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. М.: Минздрав России, 2003.
27. СП 52.13330.2016 Свод правил. Естественное и искусственное освещение.
28. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
29. СП 51.13330.2011. Защита от шума.
30. ГОСТ 17.4.3.04-85 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения»

Приложение А. Алгоритм работы программы

