



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

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника
Отделение школы (НОЦ) Отделение информационных технологий

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА

Тема работы
Нейросетевые алгоритмы распознавания эмоций на основе сигналов ЭЭГ

УДК 004.932.2:159.942:616-71

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ13	Фадел Веаам Валид		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОИТ ИШИТР	Спицын В.Г.	д.т.н., профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Былкова Т.В.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Федорчук Ю.М.	д.т.н., профессор		

По разделу на английском языке

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ ШБИП	Сидоренко Т.В.	к.п.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОИТ ИШИТР	Спицын В.Г.	д.т.н., профессор		

Томск – 2023 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП
по направлению 09.04.01 Информатика и вычислительная техника

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественно-научные, социальноэкономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте
ОПК(У)-2	Способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач
ОПК(У)-3	Способен анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями
ОПК(У)-4	Способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований
ОПК(У)-5	Способен разрабатывать и модернизировать программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем
ОПК(У)-6	Способен разрабатывать компоненты программно-аппаратных комплексов обработки информации и автоматизированного проектирования
ОПК(У)-7	Способен адаптировать зарубежные комплексы обработки информации и автоматизированного проектирования к нуждам отечественных предприятий
ОПК(У)-8	Способен осуществлять эффективное управление разработкой программных средств и проектов
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен разрабатывать и администрировать системы управления базами данных
ПК(У)-2	Способен проектировать сложные пользовательские интерфейсы
ПК(У)-3	Способен управлять процессами и проектами по созданию (модификации) информационных ресурсов
ПК(У)-4	Способен осуществлять руководство разработкой комплексных проектов на всех стадиях и этапах выполнения работ

ПК(У)-5	Способен проектировать и организовывать учебный процесс по образовательным программам с использованием современных образовательных технологий
----------------	---



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

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника
Отделение школы (НОЦ) Отделение информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП/ОПОП

(Подпись) (Дата) Спицын В.Г.
(ФИО)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

Обучающийся:

Группа	ФИО
8ВМ13	Фадел Веаам Валид

Тема работы:

Нейросетевые алгоритмы распознавания эмоций на основе сигналов ЭЭГ	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№40-57/с от 09.02.2023

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	23.06.2023 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Предмет исследования: Обнаружение эмоций с помощью электроэнцефалограмм и машинного обучения.
Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке	<ol style="list-style-type: none"> 1. Теоретическая часть; 2. Решаемая задача; 3. Предлагаемая система; 4. Результаты; 5. Работа над разделом по финансовому менеджменту, ресурсоэффективности и ресурсосбережения; 6. Работа над разделом по социальной ответственности; 7. Работа над разделом на английском языке

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Схема предлагаемой системы;
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Былкова Т.В.
Социальная ответственность	Федорчук Ю.М.
Раздел на английском языке	Сидоренко Т.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
Эмоции	
Использование сигналов ЭЭГ в машинном обучении и глубоком обучении	
Распознавание эмоций	
Закрытая рекуррентная сеть (GRU)	
Результаты	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОИТ ИШИТР	Спицын В.Г.	д.т.н., профессор		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ13	Фадел Веаам Валид		



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

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника
Отделение школы (НОЦ) Отделение информационных технологий
Период выполнения (осенний / весенний семестр 2022/2023 учебного года)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Обучающийся:

Группа	ФИО
8ВМ13	Фадел Веаам Валид

Тема работы:

Нейросетевые алгоритмы распознавания эмоций на основе сигналов ЭЭГ
--

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:

23.06.2023 г.

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
23.06.2023	Теоретическая часть;	10
23.06.2023	Решаемая задача;	15
23.06.2023	Предлагаемая система	30
23.06.2023	Результаты;	15
23.06.2023	Работа над разделом по финансовому менеджменту, ресурсоэффективности и ресурсосбережения	10
23.06.2023	Работа над разделом по социальной ответственности	10
23.06.2023	Работа над разделом на английском языке	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОИТ ИШИТР	Спицын В.Г.	д.т.н., профессор		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП/ОПОП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОИТ ИШИТР	Спицын В.Г.	д.т.н., профессор		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит пояснительную записку на 97 листах, включает 16 рисунков, 26 таблиц, 30 источник литературы, 1 приложение.

Ключевые слова: SEED, ЭЭГ, распознавание образов, нейронные сети, машинное обучение.

Объектом исследования являются Обнаружение эмоций с помощью электроэнцефалограмм и машинного обучения..

Цель работы: Использование нейронных сетей для распознавания эмоций на основе сигналов ЭЭГ.

Задачами исследование является:

1. Анализ базы данных.
2. Использование вейвлет-преобразования в процессе извлечения признаков.
3. Построение модели для классификации эмоций.
4. Анализ результатов.

В соответствии с поставленными задачами база данных была проанализирована на наличие сигналов ЭЭГ, а затем было использовано вейвлет-преобразование для извлечения важных признаков и информации в этих сигналах с целью получения признаков, дающих нам наилучшие результаты. Для построения модели использовалась нейронная сеть GRU и обычная нейронная сеть. Результаты были схожими, но разница была в пользу обычной нейронной сети. Наша модель сравнивалась с несколькими моделями, и точность нашей модели оказалась выше.

Оглавление

Реферат	7
Оглавление	8
Введение.....	11
1. Теоретическая часть.....	13
1.1. Анализ и обзор литературы по теме исследования	13
1.2. Сигналы ЭЭГ	14
1.3. Характеристики сигнала ЭЭГ	16
1.4. Эмоции.....	18
1.5. Использование сигналов ЭЭГ в машинном обучении и глубоком обучении.....	18
1.6. Распознавание эмоций	20
1.7. Используемые нейросетевые алгоритмы.....	21
1.7.1. Закрытая рекуррентная сеть (GRU)	21
1.7.2. Полносвязная нейронная сеть.....	24
2. Решаемая задача	26
2.1. Описание набора данных.....	26
2.2. Применяемые инструменты	28
2.3. Необходимые библиотеки	28
3. Предлагаемая система	30
3.1. Предварительная обработка.....	30
3.2. Извлечение признаков	32
3.3. Сокращение признаков	36
3.4. Классификация эмоций.....	38
4. Результаты.....	41

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
45	
5.1 Предпроектный анализ.....	45
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	45
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	46
5.1.3 SWOT–анализ	47
5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	50
5.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	51
5.2 Инициация проекта.....	51
5.3 Планирование управления научно-техническим проектом.....	52
Роль научного руководителя снижается, пока студент выполняет все задания, необходимые для достижения желаемой цели.	53
5.4 Оценка сравнительной эффективности исследования	61
6. Социальная ответственность	67
Введение.....	67
6.1. Производственная безопасность	67
6.1.1.Отклонение показателей микроклимата в помещении	68
6.1.2.Превышение уровней шума	70
6.1.3.Повышенный уровень электромагнитных излучений	71
6.2. Экологическая безопасность.....	80
6.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	82
Приложение А. ЧАСТЬ ВКР НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ	85
1. Emotions.....	86
2. Using EEG Signals in Machine Learning and Deep Learning	86

3. Emotion recognition.....	87
4. Gated Recurrent Network (GRU)	88
5. Results	91
Список литературы	95

Введение

В области распознавания эмоций применяется новый тип передовой технологии, использование ЭЭГ для обнаружения человеческих эмоций. Мозг является органом, ответственным за создание и обработку чувств, и, изучая его электрическую активность, можно анализировать различные чувства, которые испытывает человек.

Распознавание эмоций с помощью машинного обучения и глубокое обучение с использованием ЭЭГ — многообещающие новые области компьютерных наук и нейробиологии. Такие исследования направлены на анализ электрической активности в мозге для определения различных психологических состояний и эмоций, которые испытывает человек.

Технология ЭЭГ используется для анализа электрической активности мозга путем регистрации волн, излучаемых при взаимодействии мозга с сенсорными и объективными стимулами. Машинное обучение и глубокое обучение используются для получения подробной информации об этих электрических сигналах и преобразования их в цифровые данные, которые можно легко проанализировать, и эти данные используются для выявления различных эмоций, которые испытывает человек.

Распознавание эмоций с помощью машинного обучения и глубокое обучение с использованием ЭЭГ имеют широкое применение в области терапии и здравоохранения, а также в социальной, экологической и коммерческой сферах. Эту технологию можно использовать для улучшения умственной и физической работоспособности людей, улучшения взаимодействия человека с машиной и улучшения взаимодействия с пользователем в интеллектуальных устройствах и различных цифровых приложениях.

Аффективные вычисления, подкласс искусственного интеллекта, обнаруживают, обрабатывают, интерпретируют и моделируют человеческие эмоции [4].

Для выявления человеческих чувств могут использоваться

физиологические сигналы помимо речи, поведения и мимики, но последние три могут быть неэффективны для выявления чувств, если люди скрывают свои истинные чувства, и это называется социальной маской. Поэтому можно сказать, что физиологические сигналы более надежны и эффективны [4].

1. Теоретическая часть

1.1. Анализ и обзор литературы по теме исследования

В статье [1] использовалась трехсекционная модель, которая представляет собой извлечение, слияние, объединение и классификацию признаков. Матрица признаков строится путем слияния извлеченных признаков, полученных из каждой сверточной сети, а затем классификация была выполнена с использованием алгоритма машинного обучения.

После применения всего вышеперечисленного, построения, обучения и тестирования модели они получили точность 88,45%.

В статье [2] использовалась самоорганизующаяся нейронная сеть (Self-Organized Graph Neural Network), которая имеет один входной слой и один выходной слой. Второй слой обычно состоит из двумерной решетки $m \times n$ нейронов. Каждый нейрон слоя карты тесно связан со всеми нейронами входного слоя, имеющими разные значения веса.

Самоорганизующаяся карта (SOM) представляет собой сетку нейронов, которые адаптируются к топологической форме набора данных, что позволяет нам визуализировать большие наборы данных и определять потенциальные кластеры. SOM изучает форму набора данных, многократно перемещая свои нейроны ближе к точкам данных.

Модель была построена, обучена и протестирована, и точность этой модели достигла 86,81%.

В статье [3] динамическое обучение паттернам на основе энтропии использовалось для обеспечения независимого от субъекта распознавания эмоций по сигналам электроэнцефалограммы (ЭЭГ).

В настоящее время было доказано, что использование энтропийных показателей в качестве входных данных для обучения паттернам на основе энтропии является одним из наиболее эффективных технических методов распознавания эмоций на основе ЭЭГ [3].

Энтропийные меры могут использоваться для количественной оценки

неравномерности, случайности и сложности физиологических сигналов , и существует множество убедительных доказательств того, что энтропийные меры обладают мощной способностью извлекать информацию о регулярности из сигналов ЭЭГ, указывающую на клинические последствия. Сообщалось о многих случаях применения, в которых использовались различные меры энтропии с помощью классификатора машинного обучения SVM для идентификации эмоциональных состояний по сигналам ЭЭГ [3].

Модель была построена, обучена и протестирована, и мы получили точность 85,11%.

1.2. Сигналы ЭЭГ

Сигналы ЭЭГ представляют собой электрические сигналы, генерируемые клетками головного мозга, которые распространяются на поверхность кожи головы и могут быть записаны с помощью соответствующего оборудования. Эти сигналы состоят из изменений значений электрического потенциала, и эти изменения можно анализировать для выявления различных электрических активностей. А поскольку мозг управляет и регулирует процессы тела и разума, изучение этих различных сигналов может быть полезным для понимания многих вопросов, связанных с нервной системой, поиска новых способов лечения различных заболеваний и разработки методов, связанных с контролем движений и общения человека и машины. На рис. 1.1 показано, как электроды прикреплены к коже черепа (слева), и приведена форма считываемых волн ЭЭГ.

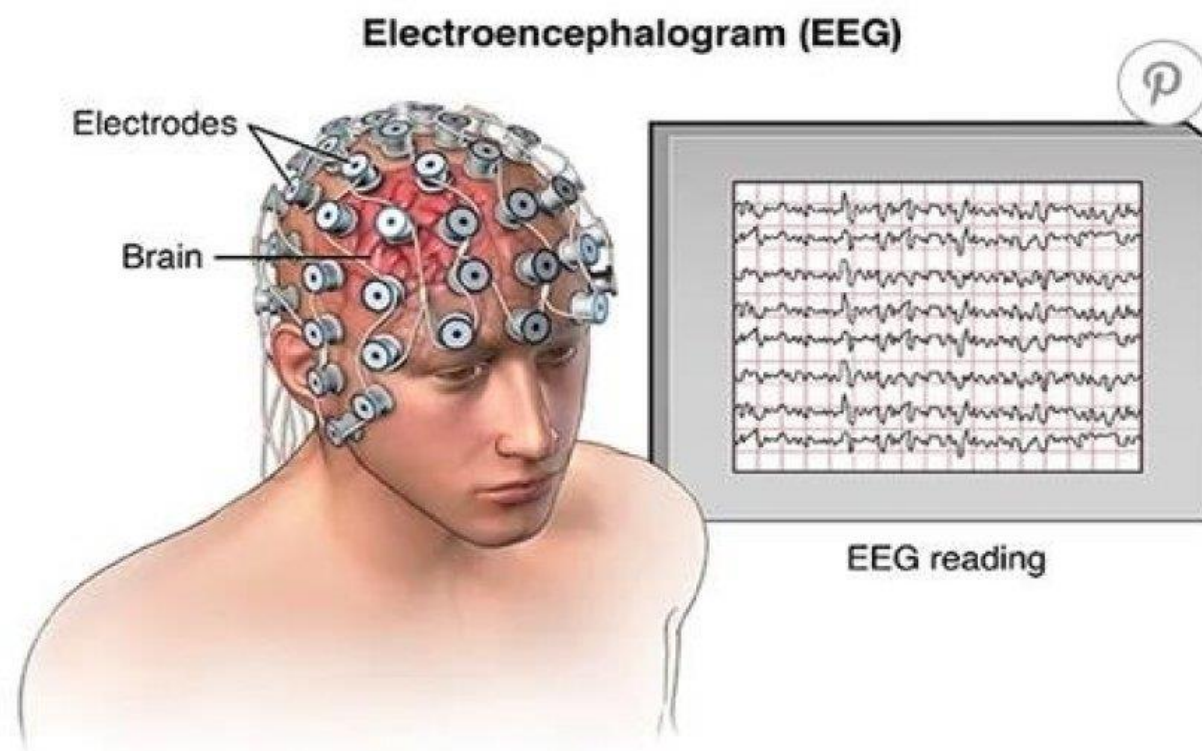


Рис. 1.1. Изображение, показывающее, как электроды прикреплены к коже черепа и форму считываемых волн ЭЭГ.

Мозг работает, передавая электрические сигналы между нервными клетками. Одним из способов изучения электрической активности мозга является регистрация потенциалов скальпа, генерируемых мозговой активностью. Регистрируемый сигнал представляет собой разность потенциалов между двумя участками кожи головы, и это известно как электроэнцефалограмма (ЭЭГ). ЭЭГ является одним из наиболее эффективных методов мониторинга и анализа мозговой активности, и его часто называют мозговой волной. Ганс Бергер записал первую электроэнцефалограмму человека и опубликовал первую статью об ЭЭГ человека [8].

ЭЭГ дает нам информацию об электрической активности ряда нейронов в области мозга, а не только клетки, где электрод прикреплен к коре.

Исследования показывают, что сигналы ЭЭГ богаты важной информацией о физиологии и психологии человека, и благодаря этому эти

сигналы могут быть использованы в медицинской сфере после обработки и анализа. Например, диагностика некоторых болезней, таких как болезнь Альцгеймера, помимо того, что эти сигналы позволяют людям с двигательными нарушениями управлять роботизированными протезами или инвалидными колясками.

Крайне необходимо использовать эффективные методы обработки данных для сигналов ЭЭГ, поскольку в настоящее время это становится проблемой из-за отсутствия стабильности данных ЭЭГ.

1.3. Характеристики сигнала ЭЭГ

Мы также отметили, что сигнал ЭЭГ является прямым отражением мозговой активности и полезен при изучении физиологических явлений головного мозга человека и имеет следующие характеристики [4].

1. Записи ЭЭГ зашумлены и чувствительны к помехам из окружающей среды.

2. При приеме сигнала ЭЭГ любой соседний сигнал будет напрямую влиять на качество данных.

3. Изменение сигналов ЭЭГ зависит от переменных окружающей среды и, следовательно, нестабильно, поэтому для получения знаний о характеристиках сигналов, таких как ЭЭГ, используются статистические исследования.

4. Сигналы ЭЭГ разделены на 5 частотных диапазонов, и диапазон от 0,5 до 30 Гц является наиболее важным для познания.

Сигналы ЭЭГ подразделяются на пять категорий в зависимости от различий в частотных диапазонах: дельта (0,5–4 Гц), тета (4–8 Гц), альфа (8–13 Гц), бета (13–30 Гц) и гамма (>30) Гц), как показано на рисунке 1.2. [4].

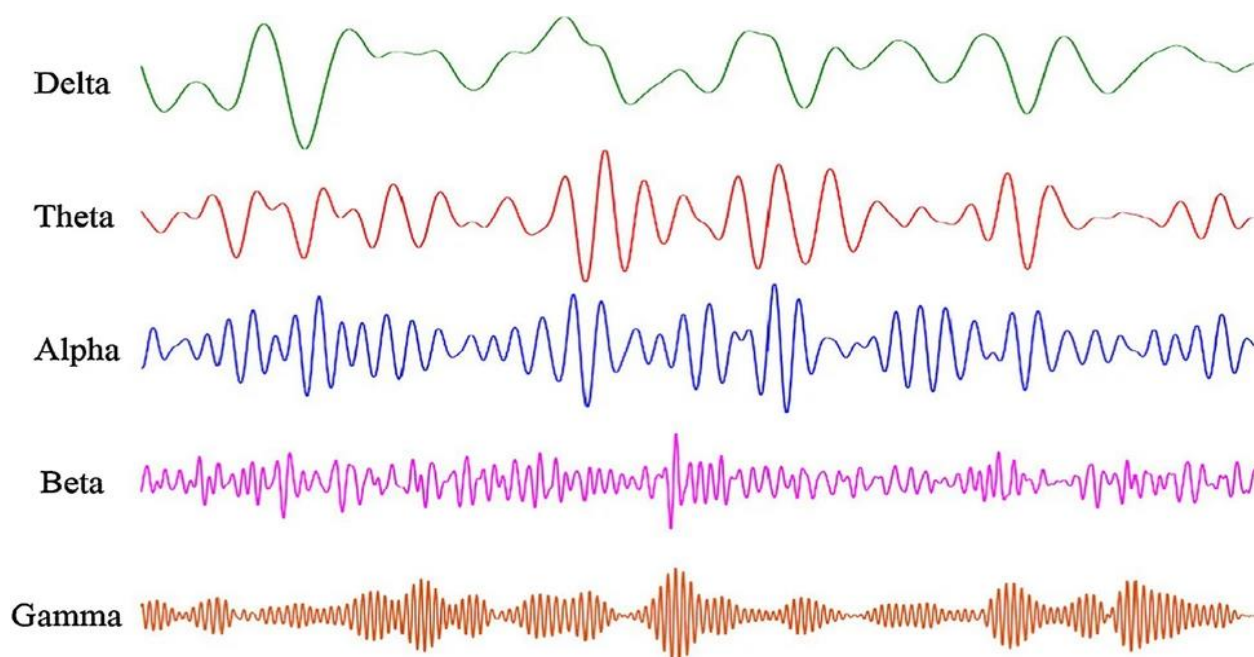


Рис. 1.2. Волновые формы пяти диапазонов ЭЭГ

Дельта-волны обычно возникают в лобной коре с амплитудой 20-200 мкВ. Обычно их застают в гипоксическом бессознательном состоянии, глубоком сне без сновидений или наркозе.

Тета-волны обычно появляются в теменных и височных долях с амплитудой 100-150 мкВ. Они связаны с расслабленным состоянием и нагрузкой на рабочую память.

Альфа-волны возникают в покое и при закрытых глазах и проявляются преимущественно в затылочной доле и теменной доле с амплитудой 20-100 мкВ.

Альфа-волны исчезают, как только возникает любой слуховой или визуальный стимул или любая умственная деятельность.

Бета-волны обычно наблюдаются только в лобных долях. Однако, если подумать, бета-волна появляется в самых разных местах. Амплитуда 5-20 мкВ. Они возникают, когда ум человека очень активен и сосредоточен.

Альфа-волны доминируют в коре головного мозга, пока тело человека расслаблено, а бета-ритм постепенно угасает по мере увеличения эмоциональной активности.

Когда центральная нервная система находится в состоянии

стресса/напряжения/напряжения, Альфа-волна постепенно превращается в бета-волну, когда амплитуда альфа-волны уменьшается, а частота бета-волны увеличивается. Когда кора головного мозга находится в бета-состоянии, это обычно означает, что она возбуждена.

Гамма связана с функциями мозга (деятельностью, требующей повышенного внимания (сосредоточенности), рецепцией, обработкой, интеграцией, передачей и рефлексам) и с когнитивными задачами, и ее можно обнаружить в сенсорных и несенсорных сетях коры. Амплитуда обычно не превышает 2 мкВ [4].

1.4. Эмоции

Эмоция представляет собой сложное состояние, выражающее человеческое сознание и описываемое как реакция на стимулы окружающей среды [4]. Эмоции — это, как правило, реакции на идеи, воспоминания или события, происходящие в нашем окружении. Это важно для принятия решений и человеческого межличностного общения. Люди принимают решения в зависимости от своего эмоционального состояния; поэтому плохие эмоции могут привести не только к психологическим, но и к физическим трудностям. Неблагоприятные эмоции могут способствовать ухудшению здоровья, в то время как положительные эмоции могут привести к повышению уровня жизни [4].

1.5. Использование сигналов ЭЭГ в машинном обучении и глубоком обучении

Сигналы ЭЭГ можно использовать в машинном обучении и глубоком обучении путем анализа этих сигналов для определения электрической активности мозга людей в различных группах когнитивных задач, таких как память, внимание, воображение, обучение и рассуждение.

Эта информация может быть использована для разработки систем распознавания образов и автоматической диагностики, связанных с

психическими заболеваниями и нарушениями памяти, такими как болезнь Альцгеймера, синдром Дауна и расстройства аутистического спектра.

Кроме того, модели машинного обучения и глубокого обучения обучаются с использованием сигналов ЭЭГ для определения действий, характерных для когнитивных задач, что помогает понять и идентифицировать паттерн активности, возникающий в мозгу во время выполнения этих задач.

Среди типов моделей, обученных с использованием сигналов ЭЭГ, можно выделить:

- 1- Методы гребневой регрессии;
- 2- Методы глубокого обучения;
- 3- Технологии сверточных нейронных сетей;
- 4- Методы опорных векторов;
- 5- Методы нейронных сетей.

Предыдущие модели нацелены на идентификацию и извлечение паттернов и отчетов, связанных с электрической активностью мозга, их анализ и понимание, и это может проложить путь к развитию технологий, связанных с управлением движением и общением человека с машиной, а также в диагностика психических заболеваний и расстройств памяти, таких как болезнь Альцгеймера и аутизм.

Методы глубокого обучения и машинного обучения используются для анализа сигналов ЭЭГ для обнаружения эмоций и определения настроения. Научные исследования показали, что разные эмоции связаны с разными формами электрической активности мозга, и эти разные закономерности можно использовать для разработки моделей машинного обучения для обнаружения эмоций.

Методы глубокого обучения и машинного обучения используются для анализа полосатых сигналов, выявления различий между формами, вызванными разными эмоциями, и построения моделей, которые зависят от этих различий и позволяют автоматически определять настроение.

Существует множество моделей, которые позволяют анализировать сигналы мозга и точно определять состояние настроения, поскольку эти модели используются во многих приложениях, таких как электронные игры, и для определения функциональной реакции пользователя во время его работы. Также было проведено множество исследований, связанных с этой областью, которые позволяют разрабатывать новые технологии, улучшать результаты исследований и лучше понимать эмоции, чувства и мысли, влияющие на электрическую активность мозга.

1.6. Распознавание эмоций

Исходя из того, что мы живем в эпоху технологий и искусственного интеллекта, очень важно найти решение проблемы отсутствия связи между людьми и роботами, и для этого нужно искать решение. Любая система HCI(human–computer interaction), которая не принимает во внимание эмоциональное состояние человека, не сможет адекватно реагировать на эти чувства. В результате исследователи Они пришли к выводу, что для решения этих проблем в системах человеко-компьютерного взаимодействия машины должны понимать и интерпретировать эмоциональные состояния человека.

То есть необходимо создать надежную, точную и гибкую систему распознавания эмоций для достижения интеллектуального человеко-компьютерного взаимодействия.

Чтобы генерировать соответствующие ответы, необходимо точно понимать типы человеческого контакта. Можно сказать, что способность компьютера понимать человеческое поведение и чувства является критическим компонентом способности системы адаптироваться. Поэтому важно распознавать эмоциональные состояния пользователя, чтобы максимизировать и улучшить производительность систем HCI(human–computer interaction).

Можно сказать, что в системе HCI(human–computer interaction), если компьютер способен точно понимать эмоциональное состояние человека-

оператора в режиме реального времени, то взаимодействие между машиной и оператором может быть улучшено, чтобы сделать его более удобным и интеллектуальным. [4].

Выражение лица, поведение, речь и физиологические сигналы могут быть использованы для идентификации человеческих эмоций [4]. Первые три подхода несколько субъективны. Например, подследственные могут намеренно скрывать свои истинные чувства, что может повлиять на их работу. Распознавание эмоций на основе физиологических сигналов является более надежным и объективным [4].

Центральная нервная система генерирует сигналы ЭЭГ, которые реагируют на эмоциональные изменения быстрее, чем сигналы других периферических нервов. Более того, было показано, что сигналы ЭЭГ обеспечивают важные функции для распознавания эмоций [4].

1.7. Используемые нейросетевые алгоритмы

1.7.1.Закрытая рекуррентная сеть (GRU)

GRU или Gated recurrent unit - это усовершенствование стандартной RNN, то есть рекуррентной нейронной сети. Он был представлен Кёнхёном Чо и другими в 2014 году ,(рис. 1.3).

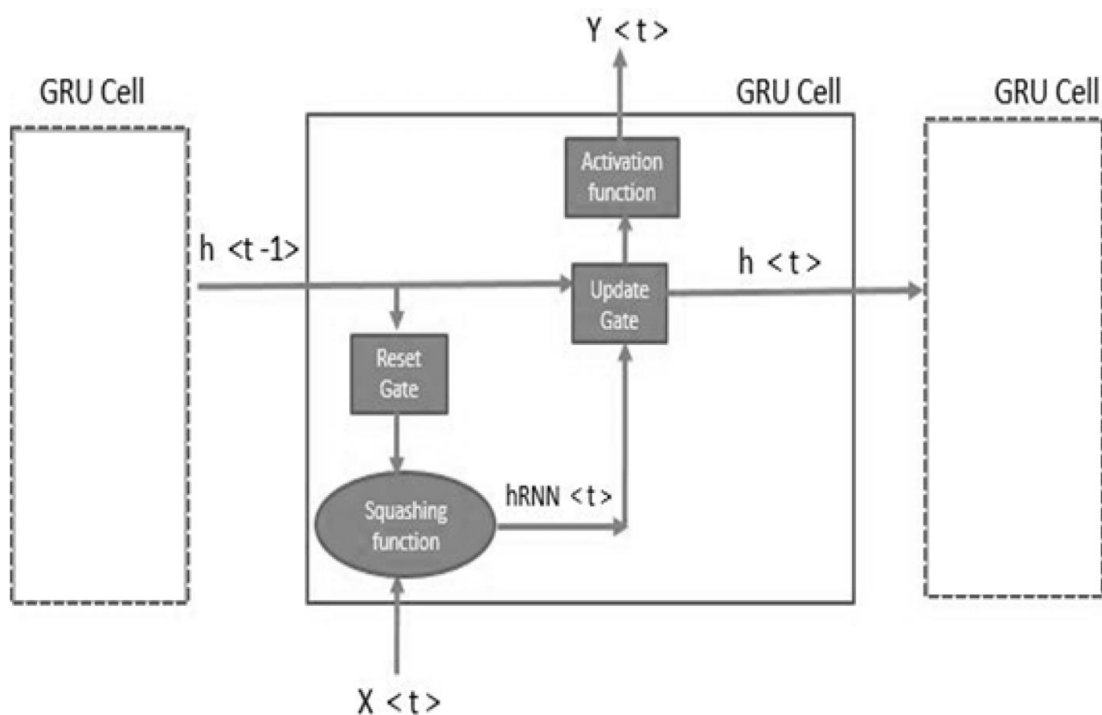


Рис. 1.3. Структура ячейки GRU

В GRU с одного временного шага на другой передается только одно скрытое состояние. В результате механизмов шлюзования и вычислений, которым подвергаются скрытое состояние и входные данные, он может одновременно поддерживать как долгосрочные, так и краткосрочные зависимости. Некоторыми приложениями GRU являются распознавание речи, предсказание курса акций, машинный перевод, анализ настроений и т. д. [5].

На рис. 1.3. показана структура ячейки GRU. В каждой временной метке t она принимает входные данные X_t и скрытое состояние h_{t-1} из предыдущей временной метки $t - 1$. Позже она выводит новое скрытое состояние h_t , которое снова передается к следующей временной метке. GRU очень похожи на Long Short Term Memory (LSTM). Как и LSTM, GRU использует шлюзы для управления потоком информации. Они относительно новы по сравнению с LSTM. По этой причине в [5] предлагаются некоторые улучшения по сравнению с LSTM и имеют более простую архитектуру [5], (рис. 1.4).

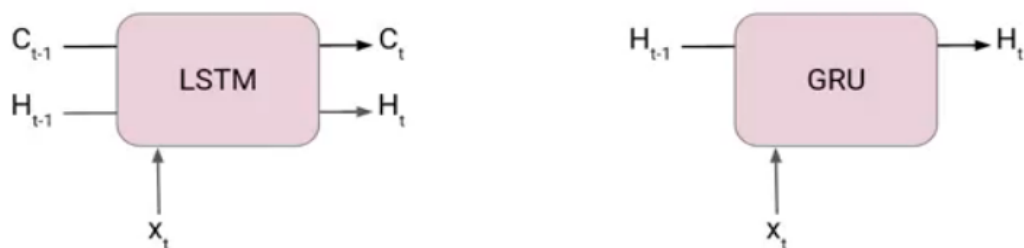


Рис. 1.4. Показывающий разницу в структуре между LSTM и GRU

Еще одна интересная особенность GRU заключается в том, что, в отличие от LSTM, GRU не имеет отдельного состояния ячейки (C_t). У него есть только скрытое состояние (H_t). Из-за более простой архитектуры GRU быстрее обучаются.

А теперь посмотрим, как Работает этот алгоритм. Чтобы найти скрытое состояние H_t в GRU, необходимо выполнить двухэтапный процесс. Первым шагом является создание так называемого скрытого состояния кандидата.

Кандидат в скрытое состояние принимает вход и скрытое состояние из предыдущей отметки времени $t-1$, которая умножается на выход r_t сброса затвора.

$$\hat{H}_t = \tanh(x_t * U_g + (r_t \circ H_{t-1}) * W_g)$$

Затем он передает всю эту информацию в функцию \tanh , результирующее значение - скрытое состояние кандидата.

$$\hat{H}_t = \tanh(x_t * U_g + (r_t \circ H_{t-1}) * W_g)$$

Самая важная часть этого уравнения - это то, как мы используем значение шлюза сброса, чтобы контролировать, какое влияние предыдущее скрытое состояние может иметь на состояние кандидата.

Если значение r_t равно 1, это означает, что учитывается вся информация из предыдущего скрытого состояния H_{t-1} . Аналогично, если значение r_t равно 0, это означает, что информация из предыдущего скрытого состояния полностью игнорируется [5].

Когда у нас есть состояние кандидата, оно используется для генерации

текущего скрытого состояния H_t . Именно здесь на сцену выходит окно обновления. Это очень интересное уравнение, вместо использования отдельного шлюза, как в LSTM в GRU, мы используем один шлюз обновления для управления как исторической информацией, который является H_{t-1} , так и новой информацией, которая поступает из состояния кандидата.

$$H_t = u_t \circ H_{t-1} + (1-u_t) \circ \hat{H}_t$$

Теперь предположим, что значение u_t около 0, тогда первый член в уравнении исчезнет, что означает, что новое скрытое состояние не будет иметь много информации из предыдущего скрытого состояния. С другой стороны, вторая часть становится почти такой, что по сути означает, что скрытое состояние на текущей отметке времени будет состоять только из информации из состояния кандидата.

$$H_t = u_t \circ H_{t-1} + (1-u_t) \circ \hat{H}_t$$

Точно так же, если значение $(1-u_t)$, которое находится на втором члене, станет полностью 0, то текущее скрытое состояние будет полностью зависеть от первого члена, то есть зависеть от информации из скрытого состояния на предыдущей временной метке $t-1$.

$$H_t = u_t \circ H_{t-1} + (1-u_t) \circ \hat{H}_t$$

Следовательно, мы можем сделать вывод, что значение u_t очень важно в этом уравнении и может варьироваться от 0 до 1.

1.7.2. Полносвязная нейронная сеть

Искусственная нейросеть (нейронная сеть) — это программа, которая повторяет модель человеческих нейронных связей. Нейронные сети применяются для распознавания скрытых закономерностей в необработанных данных, группировки и классификации, а также решения

задач в области ИИ, машинного и глубокого обучения [15].

Искусственные нейронные сети (ИНС) состоят из слоев узлов, содержащих входной слой, один или несколько скрытых слоев и выходной слой. Каждый узел или искусственный нейрон соединяется с другим и имеет соответствующий вес и порог. Если выход любого отдельного узла превышает указанное пороговое значение, этот узел активируется, отправляя данные на следующий уровень сети. В противном случае данные не передаются на следующий уровень сети [15].

Нейронные сети полагаются на обучающие данные, чтобы учиться и улучшать свою точность с течением времени. Однако, как только эти алгоритмы обучения будут настроены на точность, они станут мощными инструментами в области компьютерных наук и искусственного интеллекта, позволяющими нам классифицировать и группировать данные с высокой скоростью [15]. На рис. 1.5 представлена структура полносвязной нейронной сети.

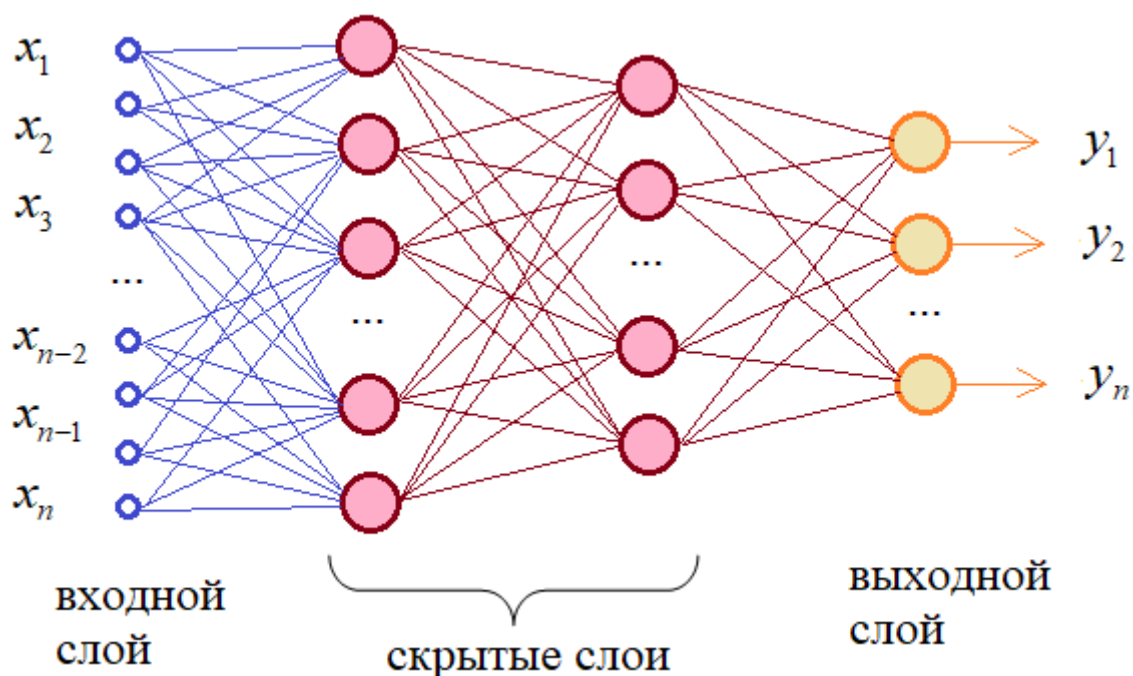


Рис. 1.5. Полносвязная нейронная сеть

Использовалась нейронная сеть, состоящая из нескольких слоев, с использованием библиотеки Keras, сеть обучалась и тестировалась.

2. Решаемая задача

Наша цель - распознавание эмоций, реализуя классификацию данных, извлеченных из сигналов ЭЭГ, с использованием нейронных сетей.

Рассмотрим классификацию эмоций либо на положительные, либо на отрицательные после удаления из базы данных «нейтральных», Это связано с тем, что значение «нейтральный» записывается в фазе покоя, поэтому оно не дает нам указания на чувства или реакции.

Для этого мы использовали базу данных SEED, которая содержит данные ЭЭГ в файле MATLAB. База была собрана, когда 15 человек смотрели сцены из нескольких китайских фильмов, эксперимент проводился 3 раза, и у нас есть 45 файлов.

2.1. Описание набора данных

Набор данных ЭЭГ эмоций Dataset (SJTU[Shanghai Jiao Tong University] Emotion EEG Dataset) содержит данные ЭЭГ, предоставленных лабораторией ВСМІ, которой руководит профессор Бао-Лян Лу.

В качестве стимулов, использованных в экспериментах, из пула материалов были выбраны 15 китайских видеоклипов (положительные, нейтральные и отрицательные эмоции). Критерии отбора видеоклипов следующие:

- (а) продолжительность всего эксперимента не должна быть слишком большой, чтобы испытуемые не утомлялись;
- (б) видео должны быть поняты без объяснений;
- (с) видео должны вызывать одну желаемую целевую эмоцию.

На рис. 2.1 приведены названия фильмов, при просмотре которых сняты сигналы ЭЭГ.

No.	Emotion label	Film clips sources
1	negative	Tangshan Earthquake
2	negative	Back to 1942
3	positive	Lost in Thailand
4	positive	Flirting Scholar
5	positive	Just Another Pandora's Box
6	neutral	World Heritage in China

Рис. 2.1. Названия фильмов, из которых сняты сигналы ЭЭГ при их просмотре

Набор данных содержит прореженный сигнал, предварительно обработанные и сегментированные версии данных ЭЭГ в Matlab (файл .mat). Данные были понижены до 200 Гц. Был применен полосовой частотный фильтр от 0 до 75 Гц. Сегменты ЭЭГ выделялись в соответствии с длительностью клипов. Всего имеется 45 файлов .mat (Matlab), по одному для каждого эксперимента. Каждый испытуемый выполнял эксперимент трижды с интервалом около одной недели. Каждый тематический файл содержит 16 массивов. 15 массивов содержат сегментированные предварительно обработанные данные ЭЭГ 15 проб в одном эксперименте (eeg_1~eeg_15, канал×данные). Массив с именем «метки» содержит метки соответствующих эмоциональных меток (-1 для отрицательных, 0 для нейтральных и +1 для положительных). Подробный набор данных содержит данные ЭЭГ в формате Matlab (файл .mat), порядок каналов включен в набор данных. На рис. 2.2. представлена блок-схема передачи сигналов ЭЭГ в базу данных ЭЭГ.



Рис. 2.2. Блок-схема передачи сигналов ЭЭГ в базу данных ЭЭГ

2.2. Применяемые инструменты

Для реализации кода использовались язык программирования Python и среда Golab, а также библиотеки машинного обучения, такие как numpy, Pandas, sklearn, pywt и scipy .

2.3. Необходимые библиотеки

NumPy можно использовать для выполнения множества математических операций с массивами. Он добавляет в Python мощные структуры данных, гарантирующие эффективные вычисления с массивами и матрицами.

Pandas в основном используется для анализа данных и связанных с ними манипуляций с табличными данными в фреймах данных. Pandas позволяет импортировать данные из различных форматов файлов, таких как значения, разделенные запятыми, JSON, Parquet, таблицы или запросы базы данных SQL и Microsoft Excel.

Scikit-learn — это библиотека анализа данных с открытым исходным кодом и золотой стандарт машинного обучения (ML) в экосистеме Python. Основные концепции и функции включают в себя: Алгоритмические методы принятия решений, в том числе: Классификация: идентификация и категоризация данных на основе шаблонов.

PyWavelets — это программное обеспечение для преобразования

вейвлетов с открытым исходным кодом для Python. Он сочетает в себе простой высокоуровневый интерфейс с низкой производительностью C и Cython.

SciPy — это набор математических алгоритмов и удобных функций, созданных на основе расширения Python NumPy. Он значительно расширяет возможности интерактивного сеанса Python, предоставляя пользователю высокоуровневые команды и классы для обработки и визуализации данных.

3. Предлагаемая система

3.1. Предварительная обработка

Предварительная обработка данных, компонент подготовки данных, описывает любой тип обработки необработанных данных для их подготовки к другой процедуре обработки данных [12].

Предварительная обработка данных преобразует данные в формат, который более легко и эффективно обрабатывается при интеллектуальном анализе данных, машинном обучении и других задачах обработки данных. Эти методы обычно используются на самых ранних этапах конвейера машинного обучения и разработки ИИ для обеспечения точных результатов[12].

Существует несколько различных инструментов и методов, используемых для предварительной обработки данных, в том числе следующие:

- выборка, которая выбирает репрезентативное подмножество из большой совокупности данных;
- преобразование, которое манипулирует необработанными данными для получения единого ввода;
- шумоподавление, удаляющее шум из данных;
- вменение, которое синтезирует статистически значимые данные для пропущенных значений;
- нормализация, которая организует данные для более эффективного доступа; и
- извлечение признаков, которое извлекает соответствующее подмножество признаков, значимое в конкретном контексте.

Эти инструменты и методы можно использовать с различными источниками данных, включая данные, хранящиеся в файлах или базах данных, и потоковые данные.

Предварительная обработка данных важна, потому что практически

любой тип анализа данных, науки о данных или разработки ИИ требует определенного типа предварительной обработки данных для обеспечения надежных, точных и надежных результатов для корпоративных приложений [12].

Реальные данные беспорядочны и часто создаются, обрабатываются и хранятся различными людьми, бизнес-процессами и приложениями. В результате в наборе данных могут отсутствовать отдельные поля, содержаться ошибки ручного ввода, дублироваться данные или разные имена для описания одного и того же объекта. Люди часто могут выявлять и устранять эти проблемы в данных, которые они используют в своей деятельности, но данные, используемые для обучения алгоритмов машинного обучения или глубокого обучения, должны предварительно обрабатываться автоматически[12].

Вернемся к нашему проекту: Процесс чтения базы данных выполняется путем чтения файлов Matlab с использованием соответствующих библиотек из Python для чтения этих файлов, таких как `scio` из библиотеки `scipy`.

Функция «предварительной обработки» состоит из фильтрации данных в диапазоне от 0 до 75 Гц. Фильтр возвращает новую матрицу с частотой дискретизации 200 Гц и от 0 до 75 Гц. Мы использовали фильтр нижних частот с конечной импульсной характеристикой. `Bandpass` не использовался, так как это сделало бы данные ЭЭГ нестабильными после обработки. Порядок фильтра = 5 . На рис. 3.1. представлена блочная диаграмма перехода к этапу предварительной обработки данных

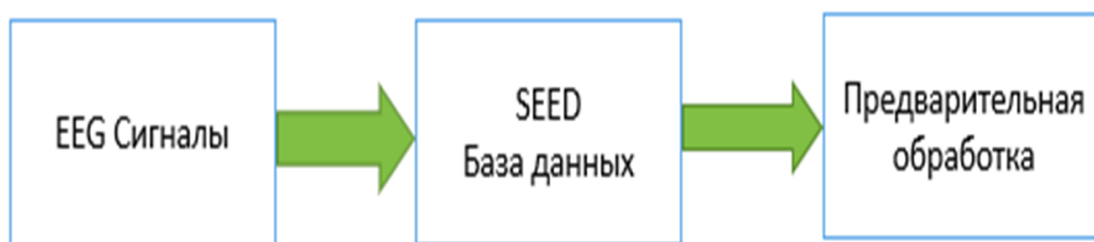


Рис.3.1. Блочная диаграмма перехода к этапу предварительной обработки данных

3.2. Извлечение признаков

Извлечение признаков является частью процесса уменьшения размерности, в котором исходный набор необработанных данных делится и сводится к более управляемым группам. Наиболее важной характеристикой этих больших наборов данных является то, что они имеют большое количество переменных. Эти переменные требуют много вычислительных ресурсов для обработки. Таким образом, извлечение наиболее важных признаков помогает получить наилучшие функции из этих больших наборов данных, выбирая и объединяя переменные в функции, тем самым эффективно уменьшая объем данных. Эти функции легко обрабатывать, но они все же способны точно и оригинально описать фактический набор данных [11].

Техника извлечения признаков полезна, когда у вас есть большой набор данных и вам нужно уменьшить количество ресурсов без потери какой-либо важной или релевантной информации. Извлечение признаков помогает уменьшить количество избыточных данных в наборе данных.

В конце концов, сокращение данных помогает построить модель с меньшими машинными затратами, а также увеличивает скорость обучения и этапов обобщения в процессе машинного обучения. [11]

На этапе выделения признаков мы разделяем предварительно обработанный вход eeg на 5 частотных поддиапазонов, используя технику вейвлет-фильтра. Чтобы разделить пять типов сигнала в записи ЭЭГ, то есть альфа, бета, гамма, дельта и тета, мы используем фильтр вейвлет-преобразования для разделения различных частот. В каждой итерации для 62 каналов мы извлекаем энтропию и энергию для каждого поддиапазона, т. е. 10 признаков для каждого канала. Извлечение признаков завершено, когда каждый предварительно обработанный сигнал eeg имеет на выходе 620 признаков. На рис. 3.2. представлена блочная диаграмма для перехода к этапу извлечения признаков.



Рис. 3.2. Блочная диаграмма для перехода к этапу извлечения признаков

Энтропия вейвлета - Одной из количественных мер при изучении динамики мозга является энтропия вейвлета (WE). Он количественно определяет степень беспорядка, связанного с любым ответом на многочастотный сигнал [9].

Функция энтропии - это динамическая характеристика, описывающая хаотическую природу любой системы и оценивающая объем сбора информации, который можно использовать для выделения необходимой информации из данных[6].

Соответствующее соотношение имеет вид :

$$WE = - \sum_{i < 0} p_i \ln p_i$$

где P_i определяет распределение вероятности сигнала временного ряда, а i определяет другой уровень разрешения [4].

Вейвлет-преобразование является одним из наиболее широко используемых преобразований в обработке сигналов. Оно также используется для сжатия данных, распознавания образов и многого другого. Вейвлет-преобразование позволяет устранить недостатки преобразования Фурье. Многие приложения машинного обучения используют вейвлет-преобразование в качестве этапа предварительной обработки.

Зачем нам нужно вейвлет-преобразование? Преобразование Фурье преобразует сигнал из временной области в частотную. Классификаторы

могут использовать частотный спектр, созданный преобразованием Фурье, для лучшей классификации. Но недостатком преобразования Фурье является то, что оно работает только для стационарных сигналов, а большинство сигналов в реальном мире не являются стационарными. Оно может определить частоту, но не то, в какое время произошло событие..

Это было преодолено путем введения кратковременного преобразования Фурье (STFT). В STFT мы делим сигнал на окна и выполняем преобразование Фурье в этих окнах. Теперь анализ зависит от выбора размера окна. Фиксируя размер окна, разрешение по частоте уменьшается. Выбор размера окна имеет следующие последствия:

Узкий размер окна будет иметь хорошее разрешение по времени, но приведет к плохому разрешению по частоте.

Более широкий размер окна будет иметь хорошее разрешение по частоте, но приведет к плохому разрешению по времени. [14]

Преимущество вейвлетной энтропии заключается в том, что она эффективно обнаруживает тонкие изменения в любом динамическом сигнале. При этом, требуется меньше времени для вычислений и шум можно легко устранить.

Энергия вейвлета отражает распределение основных линий, складок и гребней в различных разрешениях (масштабах).

Применение вейвлет-преобразования разбивает сигнал на две части: набор низкочастотных компонентов с более высокими значениями амплитуды и набор высокочастотных компонентов с более низкими значениями амплитуды. На рис. 3.3. показан процесс получения частот.

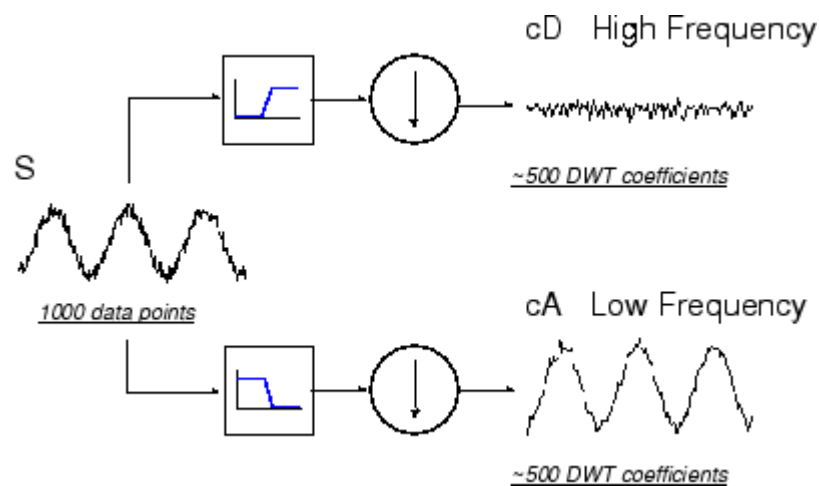


Рис. 3.3. Процесс получения частот

Команда «Вейвлет-фильтр» позволяет выборочно выделять или ослаблять детали изображения в определенной пространственно-частотной области. Это похоже на «графический эквалайзер» для стерео, который работает с изображениями. Вы можете выборочно подчеркнуть или уменьшить высокочастотные, среднечастотные или низкочастотные детали [14].

Дискретное вейвлет-преобразование широко используется на этапе выделения признаков, поскольку оно эффективно работает в этой области, что подтверждается результатами предыдущих исследований. Этап выбора признаков используется для минимизации размерности путем исключения нерелевантных признаков. Этот шаг проводится с использованием дифференциальной эволюции.

Вейвлет-анализ очень полезен для анализа физиологических систем, потому что, в отличие от большинства классических подходов к анализу сигналов, он предоставляет средства для обнаружения и анализа нестационарности сигналов.

Ортогональный вейвлет, такой как вейвлет Symlet или Daubechies, является хорошим выбором для шумоподавления сигналов.

Преобразование Добеши является усовершенствованием преобразования Хаара, оно изучает корреляцию между пикселями, здесь нам нужно вычислить константы c_1 , c_2 , c_3 и c_4 .

Выполняем следующие шаги :

1. Вычисляем коэффициенты Добеши-4: c_1, c_2, c_3 and c_4 .
2. Заполняем матрицу прямого преобразования .
3. Умножаем маски на транспонированную исходную матрицу.
4. Умножаем транспонированной маски на результат, полученный на Шаге 3.
5. Разделяем на LL HL LH и HH – компоненты.

Таким образом, с помощью библиотеки `pywt` из Python мы реализовали вейвлет-преобразование Добеши.

3.3. Сокращение признаков

Выбор признаков — это метод уменьшения входной переменной в вашу модель за счет использования только релевантных данных и избавления от шума в данных [13].

Это процесс автоматического выбора соответствующих функций для вашей модели машинного обучения в зависимости от типа проблемы, которую вы пытаетесь решить. Мы делаем это, включая или исключая важные функции, не изменяя их. Это помогает сократить шум в наших данных и уменьшить размер наших входных данных[13].

Модели машинного обучения следуют простому правилу: что входит, то и выходит. Если мы поместим мусор в нашу модель, мы можем ожидать, что вывод тоже будет мусором. В этом случае под мусором понимается шум в наших данных.

Для обучения модели мы собираем огромное количество данных, чтобы помочь машине лучше учиться. Обычно большая часть собранных данных представляет собой шум, в то время как некоторые столбцы нашего набора данных могут не вносить существенного вклада в производительность нашей модели. Кроме того, наличие большого количества данных может замедлить процесс обучения и привести к замедлению работы модели. Модель также может учиться на этих

нерелевантных данных и быть неточной.

Выбор признаков — это то, что отличает хороших специалистов по данным от остальных. При той же модели и вычислительных мощностях, почему некоторые люди побеждают в соревнованиях с более быстрыми и точными моделями? Ответ — выбор функций. Помимо выбора правильной модели для наших данных, нам нужно выбрать правильные данные для включения в нашу модель.[13]

На этапе сокращения признаков мы используем анализ основных компонентов или PCA.

Анализ главных компонентов (PCA) — это метод уменьшения линейной размерности, который можно использовать для извлечения информации из многомерного пространства путем проецирования ее в подпространство более низкого измерения. Он пытается сохранить важные части, которые имеют больше вариаций данных, и удалить несущественные части с меньшими вариациями.

Измерения — это не что иное, как функции, которые представляют данные. Например, изображение 28 X 28 имеет 784 элемента изображения (пикселя), которые являются размерами или функциями, которые вместе представляют это изображение.

Одна важная вещь, которую следует отметить в отношении PCA, заключается в том, что это метод уменьшения размерности без учителя, вы можете группировать похожие точки данных на основе корреляции признаков между ними без какого-либо контроля (или меток).

PCA — это статистическая процедура, использующая ортогональное преобразование для преобразования набора наблюдений возможно коррелированных переменных (сущностей, каждая из которых принимает различные числовые значения) в набор значений линейно некоррелированных переменных, называемых главными компонентами [10].

На рис. 3.4. представлена блочная диаграмма для перехода к этапу выбора признаков.

Шаги для выполнения анализа основных компонентов:

- Средняя нормализация признаков.
- Вычисление ковариационной матрицы.
- Вычисление собственных векторов.
- Получение сокращенных признаков или основных компонент.
- После этого процесса мы получаем главные компоненты.

Анализ главных компонент упрощает работу с многомерными данными сохраняя тенденции и закономерности. Это достигается за счёт преобразования данных в меньшее количество измерений, которые действуют как сводка признаков.



Рис. 3.4. Блочная диаграмма для перехода к этапу выбора признаков

3.4. Классификация эмоций

Для классификации мы удалили категорию «нейтральный» из базы данных, поэтому процесс классификации стал классификацией чувств на положительные и отрицательные.

Это связано с тем, что значение «нейтральный» записывается в фазе покоя, поэтому оно не дает нам указания на чувства или реакции. На рис. 3.5. представлена блок-схема предлагаемой системы.

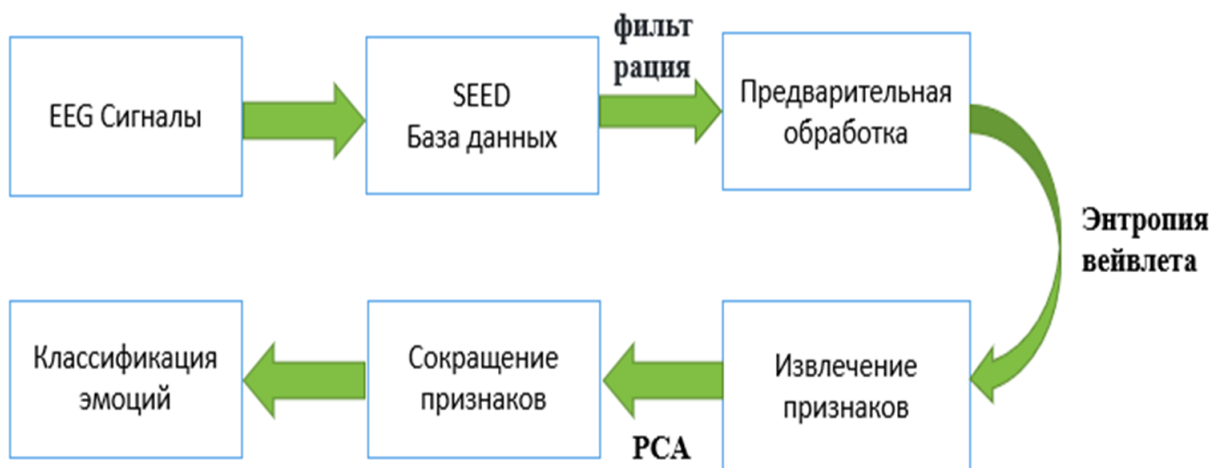


рис. 3.5. Блок-схема предлагаемой системы

Мы используем нейронные сети для классификации.

Мы использовали сеть GRU , состоящую из входного слоя, двух скрытых слоев и выходного слоя, (рис. 3.6.). За входным слоем следует «expand», expand используется чтобы изменить размеры. Перед выходным слоем мы применили Flatten, Flatten преобразует выход в луч. Функция активации, которую мы использовали - sigmoid. На рис. 3.6. представлена структура применяемой GRU.

```

Model: "model_5"
-----
Layer (type)                Output Shape                Param #
-----
input_6 (InputLayer)        [(None, 620)]               0
tf.expand_dims_2 (TFOpLambd  (None, 620, 1)              0
a)
gru_2 (GRU)                  (None, 620, 256)           198912
flatten_2 (Flatten)         (None, 158720)              0
dense_33 (Dense)            (None, 2)                   317442
-----
Total params: 516,354
Trainable params: 516,354
Non-trainable params: 0
-----
None
  
```

Рис. 3.7. Структура применяемой GRU

Мы также использовали полносвязную нейронную сеть, состоящую из входного слоя, трех скрытых слоев и выходного слоя, рис. 3.7. За входным и скрытыми слоями следует «Dropout», Dropout используется для снятия переобучения. Функция активации выходного слоя - sigmoid и для остальных - relu. На рис. 3.7. представлена структура полносвязной нейронной сети.

```
Model: "sequential_8"
```

Layer (type)	Output Shape	Param #
dense_39 (Dense)	(None, 64)	39744
dropout_20 (Dropout)	(None, 64)	0
dense_40 (Dense)	(None, 32)	2080
dropout_21 (Dropout)	(None, 32)	0
dense_41 (Dense)	(None, 32)	1056
dropout_22 (Dropout)	(None, 32)	0
dense_42 (Dense)	(None, 8)	264
dropout_23 (Dropout)	(None, 8)	0
dense_43 (Dense)	(None, 1)	9

```

=====
Total params: 43,153
Trainable params: 43,153
Non-trainable params: 0

```

Рис. 3.7. Структура полносвязной нейронной сети

4. Результаты

Используются язык Python и среда Colab. Мы использовали базу данных SEED. База данных была разделена на обучающую (70%) и тестовую (30%) выборки.

Модель была построена с использованием GRU. Мы получили точность 88,76%. На рис. 4.1. показана матрица ошибок.

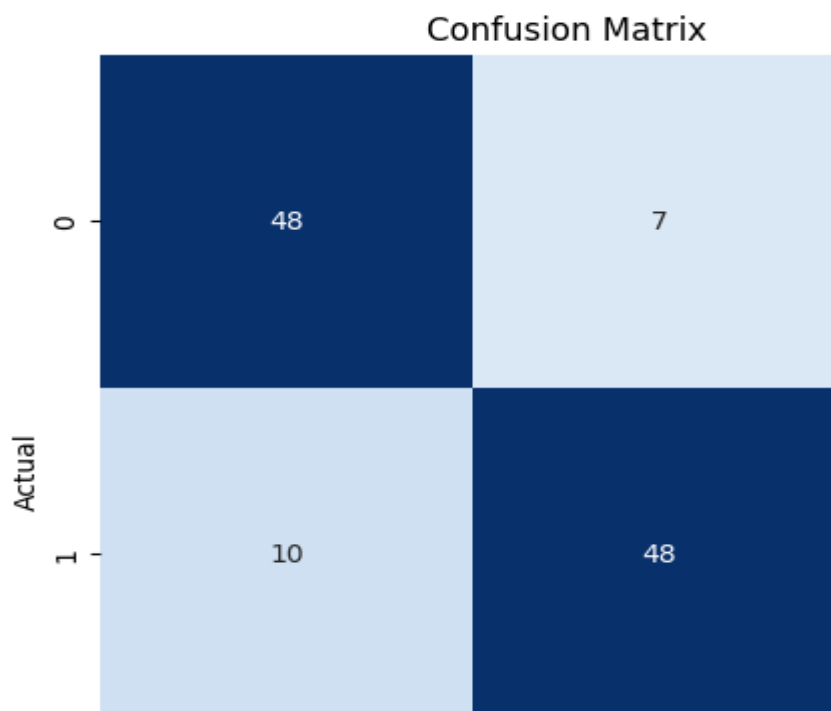


Рис. 4.1 Матрица ошибок

Из матрицы ошибок (рис. 4.1.) следует, что 47 значений, принадлежащих к первой категории, были предсказаны правильно, а 48 значений, принадлежащих ко второй категории, были предсказаны правильно.

При этом 8 значений были неверно предсказаны как относящиеся ко второй категории, а 10 значений были неверно предсказаны как принадлежащие к первой категории.

В случае использования полносвязной нейронной сети, состоящей из нескольких слоев, мы получили точность классификации 90,68%. На рис. 4.2. показана матрица ошибок полносвязной нейронной сети .

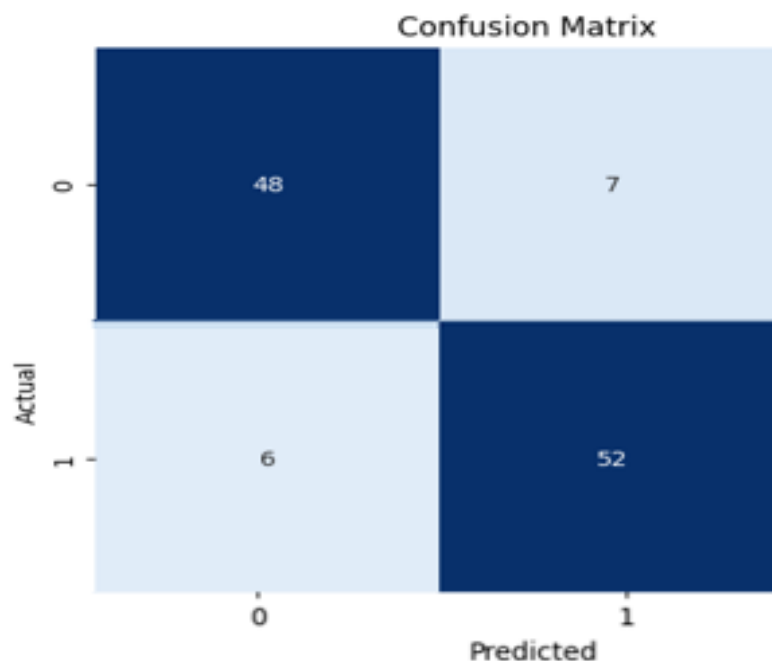


Рис. 4.2. Матрица ошибок полносвязной нейронной сети

Из матрицы ошибок мы замечаем, что 48 значений, принадлежащих к первой категории, были предсказаны правильно, а 52 значения, принадлежащие ко второй категории, были предсказаны правильно.

При этом 7 значений были неверно предсказаны как относящиеся ко второй категории, а 6 значений были неверно предсказаны как принадлежащие к первой категории.

По сравнению с результатами других статей отметим, что полученный нами результат лучше. В таблице 4.1. показано сравнение результатов.

Статья 1 (Yun Lu)	85,11%
Статья 2 (Ante Topic)	88,5%
Статья 3(Li J)	86.21%
GRU	88.76%
Полносвязная нейронная сеть	90.68%

4.1. Таблица результатов

Что можно сказать и как можно проанализировать результаты?

Полносвязная сеть обучалась лучше и, следовательно, давала лучшие результаты.

Сеть GRU зависит от текущего и предыдущего состояния, и для нашей задачи, требующей распознавания чувств в разных сценах, здесь можно сказать, что наличие предыдущего состояния недостаточно повлияло на точность модели.

Из таблицы сравнения со статьями мы находим, что наша модель, которая представлена использованием преобразования Вивельта для извлечения признаков из сигналов ЭЭГ, а затем применением полностью связанной сети, дала лучшую точность, чем остальные, и здесь стоит упоминание о том, что метод извлечения данных так или иначе влияет на точность изучаемой модели.

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ВМ13	Фадел Веаам Валид

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ИШИТР
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	09.04.01 Информатика и вычислительная техника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость ресурсов определялась по средней рыночной стоимости, в соответствии с окладами сотрудников организации.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Тариф на электроэнергию – 4.81 руб. за 1 кВт·ч. 30% районный коэффициент,
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	30% отчисления во внебюджетные фонды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Провести предпроектный анализ
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	Представить Устав научного проекта магистерской работы
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет.</i>	Разработать план управления НТИ
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Рассчитать сравнительную эффективность исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НТИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2023
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН, ШБИП	Былкова Татьяна Васильевна	канд.экон.наук		01.03.2023

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ13	Фадел Веаам Валид		01.03.2023

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данной работы является использование алгоритмов машинного обучения для распознавания эмоций по сигналам ЭЭГ.

Целью раздела является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Провести предпроектный анализ;
- Представить Устав научного проекта магистерской работы
- Разработать план управления НИИ;
- Определить ресурсную (ресурсосберегающей), финансовую, эффективности исследования.

5.1 Предпроектный анализ

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Выполненная работа направлена на обнаружение эмоционального состояния людей с помощью одного из алгоритмов машинного обучения с помощью сигналов ЭЭГ.

Поскольку эмоции связаны не только со здоровьем людей, но и сильно влияют на процесс принятия ими решений. Поэтому точная идентификация эмоций имеет решающее значение для медицинской диагностики, взаимодействия человека с компьютером, дизайна продукта и других областей.

Учреждения, которые занимаются медицинскими делами, связанными с чувствами, или даже учреждения, которые хотят разрабатывать приложения, основанные на чувствах, например, приложения, предлагающие песни, основанные на эмоциональном состоянии человека, могут стать клиентом этого проекта.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Мы сравним наш проект с аналогичными проектами, например, распознавание эмоций по выражению лица, распознавание эмоций только по сигналам ЭЭГ и распознавание эмоций по сигналам ЭЭГ и движению глаз вместе..

Таблица 5.1 – Таблица сравнения

	Наш проект 1	распознавание эмоций по выражению лица. 2	распознавание эмоций только по сигналам ЭЭГ. 3	распознавание эмоций по сигналам ЭЭГ и движению глаз вместе. 4
Базы данных	SEED	Facial Expression Recognition	DEAP, SEED_EEG,...	SEED_Multimodal
Используемые алгоритмы	Различные алгоритмы искусственного интеллекта и машинного обучения			
Области использования	Индустрия здоровья,	Предоставление персональных рекомендаций, таких как музыка, видео. Анализ изображений для определения возможных причин преступления	Индустрия здоровья(Обнаружение аутизма, депрессии,....), Детекторы лжи	
Простота реализации	Нужен регистратор ЭЭГ	Не нужен регистратор ЭЭГ, так проще	Нужен регистратор ЭЭГ	
Точность	Высокая точность	Высокая точность, но люди могут намеренно скрывать выражение лица	Высокая точность	

Для оценки сравнительной эффективности научной разработки с ее конкурентами был проведен анализ с помощью оценочной карты (таблица 5.2) на основе таблицы 5.1 и некоторых других введенных критериев для сравнения.

Таблица 5.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
		Б ₁	Б ₂	Б ₃	Б ₄	К ₁	К ₂	К ₃	К ₄
Технические критерии оценки ресурсоэффективности									
Повышение производительности и пользователей	0,2	8	7	8	9	1.6	1.4	1.6	1.8
Удобство в эксплуатации	0,05	8	10	8	9	0.4	0.5	0.4	0.45
Требования к ресурсам памяти	0,15	10	6	10	10	1.5	0.9	1.5	1.5
Надежность	0,15	9	7	9	9	1.35	1.05	1.35	1.35
уровень шума	0,1	9	5	8	9	0.9	0.5	0.8	0.9
Экономические критерии оценки эффективности									
Конкурентоспособность продукта	0,1	8	10	8	8	0.8	1	0.8	0.8
Уровень проникновения на рынок	0,1	1	10	8	10	0,1	1	0,8	1
Финансирование разработки	0,15	4	9	7	6	0.6	1.35	1.05	0.9
Итого	1					7.25	7.7	8.3	8.7

Исходя из проведенного анализа, можно заключить, что разрабатываемый проект, сильно уступают по экономическим критериям крупным компаниям, т.к. их финансовые возможности и профессиональный коллектив явно будет лучше.

5.1.3 SWOT–анализ

Первый этап анализа заключается в развитии каждой из сильных и слабых сторон и выявлении возможностей, потенциалов и угроз, которые мешают проекту. После окончания первого этапа результаты заносились в таблицу 5.3.

Таблица 5.3 – Факторы внешней и внутренней среды

<p>Возможности: В1. Привлечение дополнительных заказчиков из других сфер. В2. Возможность использования проекта в приложениях, предлагающих музыку исходя из эмоционального состояния человека. В3. Возможность использования проекта в медицинской диагностике.</p>	<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на продукт на рынке. У2. Развитие и появление аналогов проекта.</p>	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Простота разработки компонентов проекта. С2. Открытый код использованных средств разработки. С3. Использование физиологических сигналов вместо выражения лица, чтобы определить эмоций.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Устройство регистрации сигналов ЭЭГ напрямую не использовалось, а использовалась база данных сигналов ЭЭГ. Сл2. Сложность реализации проекта в немедицинских учреждениях, учитывая наличие в медицинских учреждениях прибора для регистрации сигналов ЭЭГ. Сл3. База данных страдает от шумовых сигналов.</p>
--	---	---	---

После того, как сильные и слабые стороны, возможности и угрозы сформулированы, переходим ко второму этапу (таблица 5.4).

Таблица 5.4 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны				
Возможности		С1	С2	С3
	В1	+	-	0
	В2	+	0	-
	В3	+	+	+
Слабые стороны				
Возможности		Сл1	Сл2	Сл3
	В1	0	0	0
	В2	-	-	+
	В3	-	+	+
Сильные стороны				
Угрозы		С1	С2	С3
	У1	+	0	-
	У2	0	0	+
Слабые стороны				
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	+	-
	У2	-	0	-

Третий этап – матрица соотнесения четырех аспектов. Итоговая матрица приведена в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Итоговая матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Простота разработки компонентов проекта.</p> <p>С2. Открытый код использованных средств разработки.</p> <p>С3. Использование физиологических сигналов вместо выражения лица, чтобы определить эмоций.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Устройство регистрации сигналов ЭЭГ напрямую не использовалось, а использовалась база данных сигналов ЭЭГ.</p> <p>Сл2. Сложность реализации проекта в немедицинских учреждениях, учитывая наличие в медицинских учреждениях прибора для регистрации сигналов ЭЭГ.</p> <p>Сл3. База данных страдает от шумовых сигналов.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Привлечение дополнительных заказчиков из других сфер.</p> <p>В2. Возможность использования проекта в приложениях, предлагающих музыку исходя из эмоционального состояния человека.</p> <p>В3. Возможность использования проекта в медицинской диагностике.</p>	<p>С1В1В2В3 Из-за простоты разработки он может заинтересовать людей или учреждения, которые хотят стать заказчиком этого проекта.</p>	<p>В3Сл2 Сл3 Поскольку в большинстве медицинских учреждений имеется прибор регистрации сигналов ЭЭГ, реализовать проект несложно.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на продукт на рынке.</p> <p>У2. Развитие и появление аналогов проекта.</p>	<p>С1У1 Простота разработки не всегда способствует большому спросу на рынке</p> <p>С3У2 Конкуренты могут воспользоваться теми же сигналами для реализации.</p>	<p>У1Сл1Сл2 Использование регистратора ЭЭГ может увеличить спрос на проект</p>

5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Для оценки готовности проекта коммерциализации был проведен анализ степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Бланк оценки степени готовности научного проекта коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	2	3
3	Определены отрасли и технологии (товары и услуги) для предложения на рынке	3	3
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	2	2
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	4
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	2
7	Проведены маркетинговые исследования рынка сбыта	3	3
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	1	2
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	1	1
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2

12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	2	2
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	2
15	Проработан механизм реализации научного проекта	3	2
	Итого баллов	33	35

Исходя из полученных значений, можно сказать, что перспективность проекта средняя.

5.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.

Маркетинг и продвижение научного продукта важны и во многом зависят от выбора правильного метода для хорошего маркетингового процесса.

Инжиниринг может быть хорошим способом продвижения продукта на рынок путем заключения контракта с организацией, что позволит разработчикам системы (здесь студент) участвовать в качестве основной стороны во всех технологических процессах, необходимых для реализации, чтобы довести продукт до конечного использования.

5.2 Инициация проекта

Представим Устав проекта магистерской работы:

Цели и результат проекта. Перед определением целей необходимо перечислить заинтересованные стороны проекта. Информация по заинтересованным сторонам представлена в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Потенциально заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта
Медицинское учреждение
Разработчик
Студент
Научный руководитель

Цели и результаты проекта представлены в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	<ul style="list-style-type: none"> • Построение модели машинного обучения для определения эмоционального состояния людей по физиологическим сигналам. • Обучение модели машинного обучения. • Тестирование модели машинного обучения. • Расчёт точности модели машинного обучения.
Ожидаемые результаты проекта:	<ul style="list-style-type: none"> • Эффективно строить модель машинного обучения • Правильное распознавание эмоционального состояния • Успешно пройти тестирование

2. Организационная структура проекта.

Организационная структура проекта представлена в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Рабочая группа проекта

ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте
Фадел Веаам Валид	Разработчик, исполнитель
Брагин Александр Дмитриевич	Консультант
Спицын Владимир Григорьевич	Руководитель проекта

5.3 Планирование управления научно-техническим проектом

План проекта.

Для осуществления разработки, был сформирован ряд работ и назначены должности исполнителей для каждого этапа работы (таблица 5.10). Обозначим студента буквой С, а научного руководителя буквой НР.

Таблица 5.10 – Основные этапы выполнения ВКР

Код работы №	Описание этапа	Дата начала работ	Дата окончания работ	Длительность, дни	Исполнители
1	Составление технического задания	10.02.23	13.02.23	4	С – 20%, НР – 80%
2	Анализ предметной области	14.02.23	18.02.23	5	С – 50%, НР – 50%
3	Разработка календарного плана	19.02.23	21.02.23	3	С – 10%, НР – 90%
4	Обзор литературы и интернет - источников	22.02.23	18.03.23	25	С – 80%, НР – 20%
5	Исследование аналогичных алгоритмов и технологии	19.03.23	22.03.23	4	С – 90%, НР – 10%
6	Выбор программного обеспечения, библиотек, платформы разработки	23.03.23	24.03.23	2	С – 90%, НР – 10%
7	Загрузка базы данных.	25.03.23	27.03.23	3	С – 100%
8	Подготовка исходных данных	28.03.23	30.03.23	3	С – 100%
9	Применение вейвлет-преобразования к данным.	31.03.23	07.04.23	8	С – 90%, НР – 10%
10	Использование PCA для процесса сокращения признаков.	08.04.23	10.04.23	3	С – 100%
11	Использование классификатора SVM для классификации	11.04.23	12.04.23	2	С – 100%
12	Оценка точности модели	13.04.23	14.04.23	2	С – 100%
13	Расчет экономической эффективности научно-технической продукции	15.04.23	30.04.23	16	С – 100%
14	Оценка социальной ответственности проекта	01.05.23	16.05.23	16	С – 100%
15	Написание пояснительной записки	17.05.23	05.06.23	20	С – 90%, НР – 10%

Роль научного руководителя снижается, пока студент выполняет все задания, необходимые для достижения желаемой цели.

определение трудоемкости работ в проекте должно рассчитываться для каждой выполненной работы по следующим соотношениям:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (1)$$

где t_{min} – предположительно минимальная продолжительность этапа в рабочих днях, определяемая методом экспертной оценки;

t_{max} – предположительно максимальная продолжительность этапа в рабочих днях, определяемая методом экспертной оценки.

Чтобы создать блок-схему работы, мы предлагаем здесь диаграмму Ганта, которая представляет собой распространенный тип гистограммы (графика), который используется для иллюстрации плана и графика работы для проекта. Это один из методов планирования проекта. Он используется в приложениях управления проектами.

Следовательно, нам нужно рассчитать время работы на каждом шаге, а затем рассчитать необходимые параметры.

Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{РД}$) ведется по формуле:

$$T_{РД} = t_{ож} \cdot K_{Д}, \quad (2)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на консультации и согласование работ, в данном случае $K_{Д} = 1,2$.

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (3)$$

где $T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{К}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле:

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (4)$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 365$);

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 14$).

$$T_{К} = \frac{365}{365 - 52 - 14} \approx 1,221$$

Исходя из таблицы 5.11, была построена диаграмма Ганта (таблица 5.12), в которой отражен линейный график работ.

Таблица 5.11 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	$T_{РД}$		$T_{КД}$	
					НР	С	НР	С
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Составление технического задания	С – 20%, НР – 80%	2	4	2.8	2.688	0.672	3.282	0.820
Анализ предметной области	С – 50%, НР – 50%	3	5	3.8	2.28	2.28	2.783	2.783
Разработка календарного плана	С – 10%, НР – 90%	1	3	1.8	1.944	0.216	2.373	0.263
Обзор литературы и интернет - источников	С – 65%, НР – 35%	15	25	19	7.98	14.82	9.74	18.1
Исследование аналогичных алгоритмов и технологии	С – 60%, НР – 40%	2	4	2.8	1.344	2.016	1.64	2.46
Выбор программного обеспечения, библиотек, платформы разработки	С – 70%, НР – 30%	1	2	1.4	0.504	1.176	0.62	1.44
Загрузка базы данных.	С – 90% НР – 10%	1	3	1.8	0.216	1.944	0.26	2.37
Подготовка исходных данных	С – 80% НР – 20%	1,5	3	2.04	0.49	1.958	0.6	2.39
Применение вейвлет-преобразования к данным.	С – 65%, НР – 35%	6	8	6.8	2.856	5.304	3.49	6.48
Использование PCA для процесса сокращения признаков.	С – 80% НР – 20%	2	3	2.4	0.58	2.3	0.71	2.8
Использование классификатора SVM для классификации	С – 80% НР – 20%	1	2	1.4	0.336	1.344	0.41	1.64
Оценка точности модели	С – 100%	1	2	1.4	-	1.68	-	2.051
Расчет экономической эффективности научно-технической продукции	С – 100%	10	16	12.4	-	14.88	-	18.168
Оценка социальной ответственности проекта	С – 100%	11	16	13	-	15.6	-	19.047
Написание пояснительной записки	С – 90%, НР – 10%	12	20	15.2	1.824	16.416	2.227	20.043
Итого				86,4	23.04	82.6	28.14	100.86

Таблица 5.12 – Календарный план-график проведения научно-исследовательской работы по теме

Этап	Исполнители	Т _{кд}	Продолжительность выполнения работ													
			февраль		март			апрель			май			июнь		
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	С – 20%, НР – 80%	0.820, 3.282	■													
2	С – 50%, НР – 50%	2.783, 2.783		■												
3	С – 10%, НР – 90%	0.263, 2.373														
4	С – 65%, НР – 35%	18.1, 9.74			■	■										
5	С – 60%, НР – 40%	2.46, 1.64					■									
6	С – 70%, НР – 30%	1.44, 0.62						■								
7	С – 90%, НР – 10%	2.37, 0.26							■							
8	С – 80%, НР – 20%	2.39, 0.6								■						
9	С – 65%, НР – 35%	6.48, 3.49									■					
10	С – 80%, НР – 20%	2.8, 0.71										■				
11	С – 80%, НР – 20%	1.64, 0.41											■			
12	С – 100%	2.051												■		
13	С – 100%	18.168													■	
14	С – 100%	19.047													■	
15	С – 90%, НР – 10%	20.043, 2.227													■	

НР – ■; С ■

Бюджет научного исследования. В данном разделе будет рассчитана стоимость разработки (исп. 1) проекта, а также дополнительный вариант его исполнения. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведено в таблице 5.13.

Таблица 5.13 – Расчет бюджета затрат

Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.		
	исп. 1	исп. 2	исп. 3
Затраты на материалы	6320	14987.28	8498.93
Затраты на спецоборудование	57000	114000	57000
Затраты по заработной плате	183690	324000	301980
Отчисления в социальные внебюджетные фонды	55107	97200	30594
Итого:	302117	550187,28	458072,93

Расшифруем статьи затрат, представленные в таблице 5.13.

Таблица 5.14 – Материальные затраты

Наименование материалов	Цены за ед., руб.	Кол-во			Сумма (p), руб		
		исп. 1	исп. 2	исп. 3	исп. 1	исп. 2	исп. 3
Электроэнергия	4.81 руб./ час	800 час	2088 час	1253 час	3848	10043.28	6026.93
Услуги интернета	412 руб./мес	6 мес	12 мес	6 мес	2472	4944	2472
Всего за материалы					6320	14987,28	8498.93

Для реализации проекта было использовано оборудование, затраты на которое приведены в таблице 5.15.

Таблица 5.15 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования			Цена за 1 ед. оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.		
	исп. 1	исп. 2	исп. 3		исп. 1	исп. 2	исп. 3
Ноутбук	1	2	1	35 000	35 000	70000	35 000
Windows	1	2	1	15000	15000	30000	15000

Гугл colab	1	2	1	Бесплатно по подписке	0	0	0
MicroSoft office	1	2	1	7000	7000	14000	7000
Итого					57000	114000	57000

Представим расчет затрат на основную и дополнительную заработную плату. Заработная плата включает в себя основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, и дополнительную заработную плату рассчитывается по формуле:

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

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (15% от основной).

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (10)$$

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

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

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

Среднедневная зарплата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (11)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 48 раб. дней $M = 10.4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 5.16).

Таблица 5.16 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер-исследователь
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52 и 14	52 и 14

(выходные и праздничные дни)		
Потери рабочего времени (отпуск, больничные), дни	52	52
Действительный годовой фонд рабочего времени, дни	247	247

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_6 \cdot k_p, \quad (12)$$

где Z_6 – базовый оклад, руб.;

k_p – районный коэффициент, равный 1.3 для Томска.

Таким образом месячный должностной оклад руководителя (старшего преподавателя) составляет $30 \cdot 1.3 = 39$ тыс. руб, а студента (инженер-исследователь) $26,8 \cdot 1.3 = 34.84$ тыс.руб.

Среднедневная зарплата руководителя составляет:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{39 \cdot 10.4}{247} \approx 1,64 \text{ тыс. руб.}$$

Среднедневная зарплата студента составляет:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{34.84 \cdot 10.4}{247} \approx 1,47 \text{ тыс. руб.}$$

Исходя из полученных значений среднедневных зарплат исполнителей, был произведен расчет их основных заработных плат (таблица 5.17).

Таблица 5.17– Расчет основной заработной платы

Вариант исполнения	Исполнители по категориям	Общая трудоемкость, чел.-дн	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.	Итого, тыс. руб.
исп. 1	Руководитель	23	1.64	37.72	159.73
	Инженер-исследователь	83	1.47	122.01	
исп. 2	Руководитель	23	1.64	37.72	281.74

	Инженер-исследователь	83	1.47	122.01	
	Инженер-исследователь	83	1.47	122.01	
исп. 2	Руководитель	23	1.64	37.72	262.63
	Инженер-исследователь	153	1.47	224.91	

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (13)$$

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

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы на стадии проектирования, принимается равным 15%.

Итоговые значения заработных плат исполнителей по вариантам исполнения приведены в таблице 5.18.

Таблица 5.18 – Затраты по основным заработным платам

Вариант исполнения	Исполнитель	Основная заработная плата $Z_{\text{осн}}$, тыс. руб	Дополнительная заработная плата $Z_{\text{доп}}$, тыс. руб	Итоговая заработная плата $Z_{\text{зп}}$, тыс. руб	Итого, тыс. руб.
исп. 1	Руководитель	37.72	5.66	43.38	183.69
	Инженер-исследователь	122.01	18.3	140.31	

исп. 2	Руководитель	37.92	5.66	43.38	324
	Инженер-исследователь	122.01	18.3	140.31	
	Инженер-исследователь	122.01	18.3	140.31	
исп. 2	Руководитель	37.72	5.66	43.38	301.98
	Инженер-исследователь	224.91	33.69	258.6	

5.4 Оценка сравнительной эффективности исследования

Эффективность рассчитывается на основе интегрального показателя эффективности научных исследований, и здесь необходимо определить финансовую и ресурсную эффективность.

Данную оценку получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (16)$$

где I_{Φ}^p – интегральный финансовый показатель разработки;

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

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

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Исходя из полученных значений (таблица 18), интегральный финансовый показатель разработки будет равен:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{302117}{550187,28} = 0,54$$

$$I_{\Phi}^{a1} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{550187,28}{550187,28} = 1$$

$$I_{\Phi}^{a2} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{458072,93}{550187,28} = 0,88$$

Таким образом, значение интегрального показателя первого варианта равен единице. Это значение получено потому, что затраты на электроэнергию, оборудование и приспособления, необходимые для работы, увеличатся вдвое, а затраты по основной заработной плате станут равными 281.74 тыс. руб. Поэтому и бюджет исполнения увеличился, что составило 89711.28 тыс. руб.

Интегральный показатель второго варианта составил 0,51 . Данное превышение произошло за счет увеличения для второго варианта затрат на заработную плату – 262.63 тыс, помимо затрат на электроэнергию. Поэтому бюджет второго варианта увеличился и составил 46000.91 тыс. руб.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p, \quad (17)$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го параметра аналога и разработки, устанавливается экспериментальным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 5.19.

Таблица 5.19 – Сравнительная оценка вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект (исп.1)	Аналог 1 (исп.2)	Аналог 2 (исп.3)
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,2	4	3	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	4	5	4
3. Помехоустойчивость	0,15	3	5	3
4. Надежность	0,2	4	5	4
5. Материалоемкость, фондоемкость	0,15	5	3	4
Итого	1			

$$I_m^p = 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 = 3,6$$

$$I_m^{a1} = 0,2 \cdot 3 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 = 3,8$$

$$I_m^{a2} = 0,2 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 3,25$$

Интегральный показатель эффективности разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{ф}}^p}, \quad I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\text{ф}}^a} \quad (18)$$

Исходя из полученных значений показатели эффективности разработки и аналогов будут равны:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{3,6}{0,54} = 6,6$$

$$I_{\text{финр}}^{a1} = \frac{3,8}{1} = 3,8$$

$$I_{\text{финр}}^{a2} = \frac{3,25}{0,88} = 3,7$$

Сравнительная эффективность проекта вычисляется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп1}}}{I_{\text{исп2}}}$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп1}}}{I_{\text{исп2}}}$$

В таблице 5.20 показана сравнительная эффективность разработки

Таблица 5.20 – сравнительная эффективность разработки

№	Показатели Исполнение	Разработка	исп. 2	исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,54	1	0,88
2	Интегральный финансовый показатель разработки	3,6	3,8	3,25
3	Интегральный показатель эффективности	6,6	3,8	3,7
4	Сравнительная эффективность аналогов и разработки	1,7	1,6	

С позиции финансовой эффективности лучшим вариантом исполнения оказался текущий вариант разработки, т.к. для его исполнения требуется меньшее количество финансовых вложений. Со стороны ресурсной эффективности лучшим вариантом получился вариант исполнения с привлечением дополнительного инженера. Это связано с тем, что благодаря его привлечению значительно увеличится объем вопросов и задач, которые могут быть решены за тот же срок. Интегральный показатель эффективности разработки показал, что текущий вариант исполнения разработки является лучшим из трех.

6. ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ВМ13	Фадел В. В.

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОИТ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность ь	09.04.01. Информационные системы и технологии

Тема ВКР:

Нейросетевые алгоритмы распознавания эмоций на основе сигналов ЭЭГ	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Цель работы : Работа посвящена разработке системы, основанной на нейросетевых алгоритмах, предназначенной для распознавания эмоций на основе сигналов ЭЭГ • Область применения: Система может быть использована в области медицины для изучения работы головного мозга. • Рабочее место: жилое помещение с площадью в 20 кв.м. В помещении находится рабочий стол и персональный компьютер, центральное отопление; естественная вентиляция; искусственное и естественное освещение.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов</p> <ul style="list-style-type: none"> • Природа воздействия • Действие на организм человека • Нормы воздействия и нормативные документы (для вредных факторов) • СИЗ коллективные и индивидуальные <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Термические источники опасности 	<p>1. Вредные факторы:</p> <p>1.1 Нарушения микроклимата, оптимальные и допустимые параметры;</p> <p>1.2 Шум, ПДУ, СКЗ, СИЗ;</p> <p>1.3 Повышенный уровень электромагнитного излучения, ПДУ, СКЗ, СИЗ;</p> <p>1.4 Недостаточная освещенность. Проведен расчет освещения рабочего места; представлен рисунок размещения светильников</p>

<ul style="list-style-type: none"> • Электробезопасность • Пожаробезопасности 	<p>на потолке с размерами в системе СИ;</p> <p>1.5 Радиоактивность, ПДД, критические органы, СКЗ, СИЗ;</p> <p>2. Опасные факторы:</p> <p>2.1 Поражение электрическим током, СКЗ, СИЗ;</p> <p>2.2 Пожароопасность; Приведена схема эвакуации..</p>
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Выбросы в окружающую среду • Решения по обеспечению экологической безопасности 	<p>Представлены методы, необходимые для обеспечения безопасной и надлежащей утилизации отходов.</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <p>1.перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</p> <p>2.разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</p> <p>3.разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</p>	<p>Возможные ЧС: пожары, взрывы</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожар на рабочем месте</p>
<p>4. Перечень нормативно-технической документации.</p>	<p>– ГОСТы, СанПиНы, СНИПы</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	26.02.2023 г.
--	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Федорчук Ю.М.	д.т.н.		26.02.2023 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ13	Фадел В. В.		26.02.2023 г.

6. Социальная ответственность

Введение:

Социальная ответственность — это этические рамки, в которых человек обязан работать и сотрудничать с другими людьми и организациями на благо сообщества.

Среди этой ответственности — безопасность использования технологий и методов, разработанных на основе научных исследований, и работа над снижением потенциальных побочных эффектов их использования для обеспечения безопасности исследований.

Работа в рамках выполнения магистерской диссертации заключается в разработке программного кода для обнаружения эмоций по сигналам ЭЭГ с использованием одного из алгоритмов машинного обучения и на всех своих этапах предполагает большой объем работы с ЭВМ, поэтому важным критерием безопасности является организация рабочего места и режима трудовой деятельности.

6.1. Производственная безопасность

Опасные и вредные факторы, согласно номенклатуре, по ГОСТ 12.0.003-74 [16] делятся на следующие группы:

- биологические
- химические
- физические
- психофизиологические

Перечень опасных и вредных факторов, влияющих на персонал в заданных условиях деятельности, представлен в таблице 6.1.

Таблица 6.1 - Перечень опасных и вредных факторов

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы	
	Вредные	Опасные
 Работа с ПЭВМ	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Повышенная или пониженная температура <input checked="" type="checkbox"/> Повышенная или пониженная влажность воздуха <input checked="" type="checkbox"/> Зрительное напряжение <input checked="" type="checkbox"/> Отсутствие или недостаток естественного света <input checked="" type="checkbox"/> Повышенный уровень шума <input checked="" type="checkbox"/> Электромагнитные излучения. 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Электрический ток

6.1.1. Отклонение показателей микроклимата в помещении

Компьютеры могут вызывать повышение и понижение температуры относительной влажности в помещении. Требования к микроклимату зависят от класса тяжести труда. Работа программиста относится к легкой категории.

Местный климат необходимо анализировать на рабочем месте, а потому нужны параметры, влияющие на организм человека, а именно: температура, относительная влажность и скорость движения воздуха.

Оптимальные и допустимые значения параметров микроклимата приведены в таблице 2 и 3

Таблица 6.2 - Оптимальные нормы микроклимата

Период года	Температура воздуха, С°	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	18-22	19-23	40-65	0.15
Теплый	21-25	20-24		0.20

Таблица 6.3 - Допустимые нормы микроклимата

Период года	Температура воздуха, С°	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	19-23	18-26	20-80	0.15-0.25
Теплый	20-29	19-28		0.15-0.30

Общая площадь рабочего помещения составляет 20 квадратных метров, а объем – 140 кубических метров. По СанПиН 2.2.4.548-96 [17] санитарные нормы составляют 6,5 м² и 20 м³ объема на одного человека. Можно сказать, что данные подходят для санитарных норм с точки зрения количества рабочих мест, соответствующих размеру здания.

В рассматриваемом помещении вентиляция производится автоматически и естественно. В холодное время года температура в помещении может опускаться до 18 градусов С, а в теплое время года температура в помещении может повышаться до 29 градусов С.

Помещение вентилируется естественным путем благодаря легко открывающимся окнам, а также дверному проему. Это означает, что данная вентиляция является общеобменной. Главный минус в том, что воздух поступает в помещение без предварительного подогрева и очистки. В нашем случае, дополнительная вентиляция нам не нужна. Микроклиматические параметры поддерживаются в холодное время года системами водяного нагрева до 100°С, а в теплое время года - кондиционированием воздуха.

6.1.2.Превышение уровней шума

Шум является одной из самых распространенных опасностей, так как вызывает бессонницу, усталость, сонливость, головные боли, отвлекает ум и память, ослабляет внимание.

Источник этого шума может находиться внутри или снаружи помещения, так как он может исходить от вентиляционного оборудования, трансформаторов напряжения, рабочего оборудования, систем охлаждения центрального процессора и жестких дисков, за исключением шума с улицы, если окно было открыто.

Уровень шума варьируется от 35 до 42 дБА. Согласно СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 [18], при выполнении основных работ на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 82 дБА.

Необходимо предусмотреть средства индивидуальной защиты(СИЗ) и средства коллективной защиты (СКЗ) от шума.

Средства коллективной защиты:

- Необходимость максимально изолировать источники шума за счет использования глушителей, резины и пробки
- Использование вибро- и шумоглушителей

Средства индивидуальной защиты;

- Наушники или беруши также можно использовать как

индивидуальное средство защиты.

6.1.3.Повышенный уровень электромагнитных излучений

Электромагнитное излучение — это распространение электромагнитных волн в пространстве. Источником излучения в нашем исследовании являются экраны и системный блок.

Длительное воздействие электромагнитного излучения концентрируется в ощущении легкого повышения температуры тела, хронической головной боли, напряжения, ужаса, ненормальных эмоций, нарушений сна, в некоторых случаях повышенного артериального давления, нарушений работы сердца и зрения, некоторых случаев раковых опухолей и повторных выкидышей были записаны.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [19] напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50 см вокруг ВДТ не должна превышать 25В/м в диапазоне от 5Гц до 2кГц, 2,5В/м в диапазоне от 2 до 400кГц. Плотность магнитного потока не должна превышать в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц 250нТл, и 25нТл в диапазоне от 2 до 400кГц. Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500В.

Предельно допустимые уровни (ПДУ) облучения (по ОСТ 54 30013-83[20]):

- до 10 мкВт/см² , время работы (8 часов);
- от 10 до 100 мкВт/см² , время работы не более 2 часов;
- от 100 до 1000 мкВт/см² , время работы не более 20 мин. при условии пользования защитными очками;
- для населения в целом ППМ не должен превышать 1 мкВт/см².

Как мы уже упоминали, источником излучения являются экран компьютера и системные блоки.Для предотвращения этих рисков можно использовать защитные экраны, организовать комфортный график работы, а

также использовать защитные очки. Также можно работать на рассеивание испускаемого излучения, снижение его интенсивности и обеспечение наличия заземляющего экрана для источника.

6.1.4 Недостаточная освещенность.

Недостаточное освещение является вредным фактором, особенно при работе за компьютером, так как может вызвать заболевания глаз и связанные с ними инфекции. Причиной недостаточного освещения является отсутствие естественного освещения и отсутствие искусственного освещения.

Недостаточное освещение приводит к снижению производительности труда и повышает утомляемость и утомляемость, так как работа за компьютером означает контакт глаз с экраном, освещенность которого высокая, что приводит к заболеваниям глаз.

Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения в соответствии с СП 52.13330.2016 [21] указаны в таблице 6.4.

Таблица 6.4. Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения .

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Горизонтальная, Вертикальная) и высота	Естественное освещение		Совмещенное освещение	
		КЕО e_n , %		КЕО e_n , %	
		При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении

	ПЛОСКОСТИ НАД ПОЛОМ, м	и		и	
Кабинеты, рабочие комнаты, офисы, представите льства	Г – 0,8	3,0	1,0	1,8	0,6
Помещения	Искусственное освещение				
	Освещенность, лк				
	При комбинированном освещении		При общем освеще нии	Показате ль дискомфо рт, М, не более	Кoeffици ент пульсации освещенно сти, Кп, %, не более
	Всего	От общего			
Кабинеты, рабочие комнаты, офисы, представите льства	400	200	300	40	15

Произведем расчет освещения помещения, в котором проходила разработка проекта.

Таблица 6.5. Параметры помещения.

Параметр	Обозначение	Значение, м
Длина	A	5
Ширина	B	4
Высота помещения	H	3
Свес	h_c	0,4
Высота Р.П.	$h_{рп}$	0,7
Высота от светильника до Р.П.	h	$H - h_p - h_c$
Коэффициент запаса	Kз	1.5
Коэффициент неравномерности	Z	1.1

Для освещения данной комнаты использовались двухламповые светильники типа ШОД – 2x80. Мощность лампы 80 Вт. Длина светильника 1530 мм ширина 284 мм. Наименьшая допустимая высота подвеса светильника ШОД над полом 2,5 м.

Высота светильника над полом равна:

$$h_{п} = H - h_c = 3 - 0,4 = 2,6 \text{ м}$$

Тогда расчетная высота светильника над рабочей поверхностью равна:

$$h = h_{п} - h_{рп} = 2,6 - 0,7 = 1,9 \text{ м}$$

Расстояние между светильниками определяется :

$$L = \lambda \cdot h$$

где λ – коэффициент расположения светильников. Для светильников типа

ШОД данное значение варьируется в пределах 1,1-1,3. Примем его за 1,2.

Таким образом, расстояние между светильниками составит:

$$L = 1,2 \cdot 1,9 = 2,28m \quad (9.4)$$

Количество рядов светильников с люминесцентными лампами определяется формулой:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{(B - \frac{2}{3}L)}{L} + 1 = \frac{(4 - \frac{2}{3} \cdot 2,28)}{2,28} + 1 = 2 \quad (9.5)$$

Количество светильников с люминесцентными лампами для одного ряда равно:

$$n_{\text{св}} = \frac{(A - \frac{2}{3}L)}{l_{\text{св}} + 0,4} = \frac{(5 - \frac{2}{3} \cdot 2,28)}{1,53 + 0,4} = 1,8 \quad (9.6)$$

Согласно по ГОСТ Р 55710-2013[26], оптимальное расстояние l от крайнего ряда светильников до стены рекомендуется принимать равным $L/3$, в данном случае это приблизительно 0,760 м. Общее количество светильников определяется как:

$$N = n_{\text{св}} \cdot n_{\text{ряд}} = 2 \cdot 1,8 = 3,6 \quad (9.7)$$

Следовательно, общее количество светильников равно 4. На рис. 6.1 показан план расположения светильников.

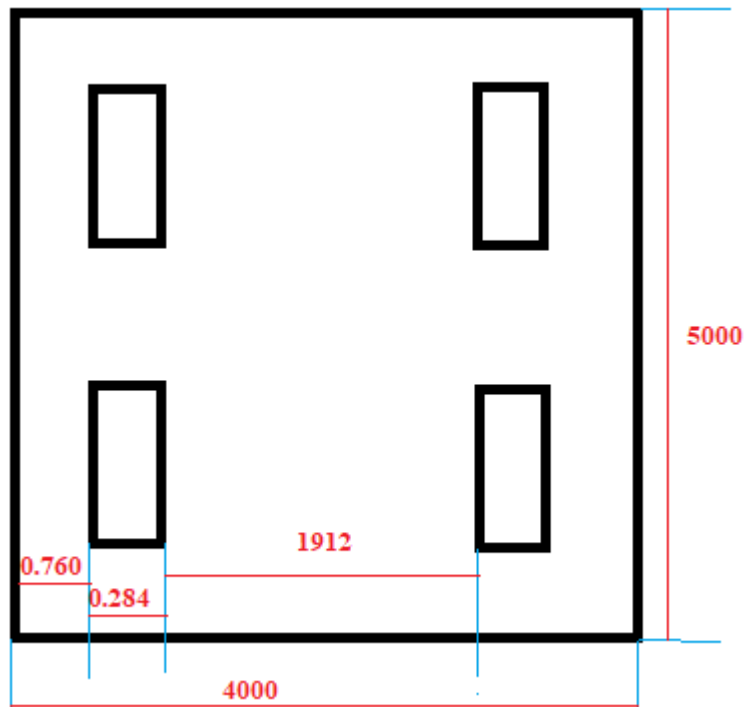


Рис. 6.1. План расположения светильников

Для расчета коэффициента светового потока необходимо рассчитать индекс помещения i . Данный коэффициент рассчитывается по формуле:

$$i = \frac{S}{h(A+B)} = \frac{5.4}{1.9 \cdot (5+4)} = 1,1 \quad (9.8)$$

Потолок побеленный, следовательно, значение коэффициента отражения поверхности потолка $\rho_{\text{п}}$ принимаем равным 50%. Коэффициент отражения стен $\rho_{\text{ст}}$ равен 30%, так как стены оклеены светлыми обоями. Коэффициент использования светового потока η составит 35%.

Световой поток лампы Φ определяется по следующей формуле:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N_{\text{л}} \cdot \eta} \quad (9.9)$$

где E_n – нормативная освещённость;

S – площадь освещаемого помещения, m^2 ;

K_3 – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т. е. отражающих поверхностей), наличие в атмосфере цеха дыма, пыли;

Z – коэффициент неравномерности освещения. Для люминесцентных ламп данный коэффициент равен 1.1;

N_d – число ламп в помещении.

Принимаем коэффициент запаса K_3 равным 1,4 как для помещения с малым выделением пыли.

Таким образом световой поток лампы

$$\Phi = \frac{200 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 1,4 \cdot 1,1}{4 \cdot 0,35} = 4400 \text{ лм} \quad (9.10)$$

Полученное значение должно удовлетворять следующему условию:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ст}} - \Phi_{\text{расч}}}{\Phi_{\text{ст}}} \cdot 100\% \leq +20\% \quad (9.11)$$

Световой поток люминесцентной лампы белой цвета мощностью 80 Вт при напряжении сети 220 В составляет $\Phi_{\text{ст}} = 5200$ лм. Таким образом отклонение рассчитанного светового потока составит:

$$\frac{5200 - 4400}{5200} \cdot 100\% = 15,38\% \quad (9.12)$$

Условие выполняется, следовательно, освещение соответствует необходимым нормам.

Номинальная электрическая мощность всей осветительной системы равна:

$$P = N_{\text{л}} \cdot p_{\text{л}} = 4 \cdot 80 = 320 \text{ Вт} \quad (9.13)$$

В результате анализа освещенности рабочего места отклонений от норм выявлено не было. Уровень освещенности соответствует нормам.

6.1.5 Электрический ток

Поражение электрическим током является фактором риска по ГОСТ Р 12.1.019-2009 [22].

Компьютеры работают от сети переменного тока 220 вольт частотой 50 Гц. В месте размещения компьютера должны отсутствовать следующие факторы: пыль, влага, жара, а также отсутствие опасности контакта людей с металлическим оборудованием, которое проводит электрический ток.

Меры по снижению частоты поражений электрическим током, в том числе:

- ❖ Использование изоляторов для изоляции металлического оборудования.
- ❖ Заявка на заземление.
- ❖ Выполнение работ по устранению неполадок силами специализированного персонала.
- ❖ Периодическая проверка готовности и безопасности оборудования.
- ❖ Проверьте соединительные провода.

Квалификация и обучение работников в области охраны труда также очень важны, так как рабочие и служащие должны пройти курсы обучения по опасностям электрического тока, работе с оборудованием, общим мерам безопасности и курсам по оказанию первой помощи при несчастных случаях.

Для защиты от поражения электрическим током используют СИЗ и СКЗ.

Средства коллективной защиты:

- ✓ Защитное отключение
- ✓ Изоляция токоведущих частей
- ✓ Оградительные устройства
- ✓ Защитное заземление, зануление
- ✓ Малое напряжение
- ✓ Электрическое разделение сетей
- ✓ Использование щитов, барьеров, клеток, ширм, а также заземляющих и шунтирующих штанг, специальных знаков и плакатов.

Средства индивидуальной защиты:

- ✚ Использование диэлектрических перчаток, изолирующих клещей и штанг, слесарных инструментов с изолированными рукоятками, указатели величины напряжения, калоши, боты, подставки и коврики.

6.2. Экологическая безопасность

При рассмотрении влияния персонального компьютера на атмосферу, гидросферу и литосферу выявлены особо вредные отходы согласно ГОСТ Р 51768-2001[23], а именно электронная техника, требующая утилизации:

- компьютеры, оргтехника и т.п. Утилизация такого оборудования является достаточно сложной, так как они имеют сложную структуру.
- Непосредственная переработка большей части компонентов включает в себя их сортировку, последующую гомогенизацию и отправку для повторного использования, т.е. с предварительным помолом или переплавкой.

В случае выхода из строя компьютеров, они списываются и отправляются на специальный склад, который при необходимости принимает меры по утилизации списанной техники и комплектующих. В настоящее время в Томской области утилизацией занимаются две компании: городской полигон и ООО НПП «Экотом». Утилизацией опасных бытовых отходов занимаются компании: ООО «Торем», ООО «СибМеталлГрупп».

В компьютерах огромное количество компонентов, которые содержат токсичные вещества и представляют угрозу, как для человека, так и для окружающей среды. К таким веществам относятся:

- свинец (накапливается в организме, поражая почки, нервную систему);
- ртуть(поражает мозг и нервную систему);
- никель и цинк (могут вызывать дерматит);
- щелочи (прожигают слизистые оболочки и кожу);

Поэтому компьютер требует специальных комплексных методов утилизации.

Таким образом утилизацию компьютера можно провести следующим образом:

- отделить металлические детали от неметаллов;
- разделить углеродистые металлы от цветмета;
- пластмассовые изделия (крупногабаритные) измельчить для уменьшения объема;

6.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

К возможным ЧС, которые могут произойти в рабочем помещении, относятся:

- Природная чрезвычайная ситуация
- Пожары и взрывы.

Природная чрезвычайная ситуация

Город Томск находится в континентально-циклоническом климате. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют.

Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приводит к авариям систем тепло- и водоснабжения, сантехнических коммуникаций и электроснабжения, приостановке работы. В этом случае при подготовке к зиме следует предусмотреть а) газобаллонные калориферы (запасные обогреватели), б) дизель или бензоэлектродгенераторы; в) запасы питьевой и технической воды на складе (не менее 30 л на 1 человека); г) теплый транспорт для доставки работников на работу и с работы домой в случае отказа муниципального транспорта. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

Одними из наиболее вероятных и разрушительных видов чрезвычайных ситуаций являются пожар или взрыв на рабочем месте, в связи с чем важное значение имеет пожарная безопасность (ГОСТ 12.0.003-74[24]). Пожарная безопасность осуществляется системой пожарной защиты и системой предотвращения пожара. Должны быть приняты следующие меры противопожарной безопасности:

1. обеспечение эффективного удаления дыма, т.к. в помещениях, имеющих оргтехнику, содержится большое количество пластиковых веществ, выделяющих при горении летучие ядовитые вещества и едкий дым;
2. обеспечение правильных путей эвакуации;
3. наличие огнетушителей и пожарной сигнализации;
4. соблюдение всех противопожарных требований к системам отопления и кондиционирования воздуха.

Основные причины возникновения пожаров:

1. нарушение правил пожарной безопасности;
2. перегрузка электросети;
3. неисправность прибора;
4. разряд молнии и неисправность молниеотвода.

По взрыво- и пожароопасности все помещения, согласно техническому регламенту НПБ 105-03[25], делятся на 5 категорий, в зависимости от применяемых на производстве веществ и их количества. Рассматриваемое рабочее помещение относится к пожароопасной категории В, в качестве горючего материала выступает бумага. Рабочее помещение оснащено ручным углекислотным огнетушителем ОУ-2, а также аптечкой первой помощи согласно требованиям ГОСТ 12.2.037-78 [27]

Всякий работник при обнаружении пожара должен (ППБ 01-03):

1. незамедлительно сообщить об этом в пожарную охрану;
2. принять меры по эвакуации людей, каких-либо материальных ценностей согласно плану эвакуации;
3. отключить электроэнергию, приступить к тушению пожара первичными средствами пожаротушения.

При возникновении пожара должна сработать система пожаротушения, передав на пункт пожарной станции сигнал о ЧС. В случае если система не

сработала, то необходимо самостоятельно произвести вызов пожарной службы по телефону 101, сообщить место возникновения ЧС и ожидать приезда специалистов. На рисунке 6.2 представлен план эвакуации при чрезвычайных ситуациях.

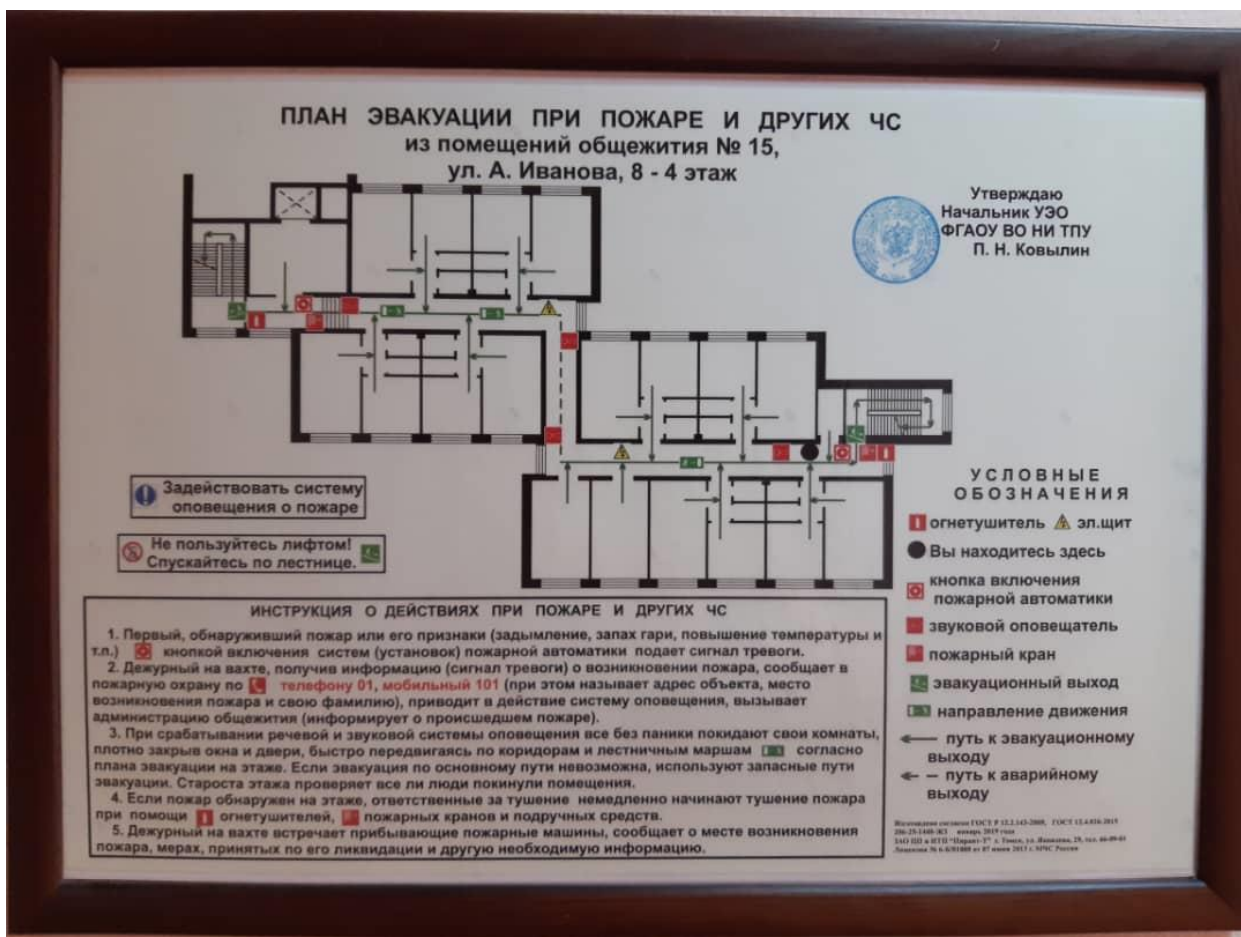


Рис. 6.2. План эвакуации при пожаре и других чс

Стоит отметить, что система пожарной сигнализации в общежитии постоянно проверяется каждый месяц.

Приложение А. ЧАСТЬ ВКР НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ13	Фадел Веаам Валид		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОИТ ИШИТР	Спицын В.Г.	д.т.н., профессор		

Консультат-лангвист ОИЯ ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ ШБИП	Сидоренко Т.В.	к.п.н., доцент		

1. Emotions

Emotion is a complex state that expresses human consciousness and is described as a reaction to environmental stimuli. Emotions are usually reactions to ideas, memories, or events happening in our environment. It is important for decision making and human interpersonal communication. People make decisions based on their emotional state; therefore, bad emotions can lead not only to psychological, but also to physical difficulties. Unfavorable emotions can contribute to poor health, while positive emotions can lead to higher living standards [4].

2. Using EEG Signals in Machine Learning and Deep Learning

EEG signals can be used in machine learning and deep learning by analyzing these signals to determine the electrical activity of the human brain in various groups of cognitive tasks such as memory, attention, imagination, learning, and reasoning.

This information can be used to develop pattern recognition and automatic diagnostic systems related to psychiatric and memory disorders such as Alzheimer's disease, Down's syndrome and autism spectrum disorders.

In addition, machine learning and deep learning models are trained using EEG signals to identify activities associated with cognitive tasks, helping to understand and identify the pattern of activity that occurs in the brain during these tasks.

Among the types of models trained using EEG signals, we can distinguish:

- 1- Ridge regression methods
- 2- Deep learning methods
- 3- Convolutional Neural Network Technologies
- 4- Support Vector Machines
- 5- Neural network methods

Previous models aimed at identifying and extracting patterns and reports related to the electrical activity of the brain, analyzing and understanding them, and this

could pave the way for the development of technologies related to motion control and human-machine communication, as well as in the diagnosis of mental illness and memory disorders. such as Alzheimer's disease and autism.

Deep learning and machine learning techniques are used to analyze EEG signals for emotion detection and mood detection. Scientific research has shown that different emotions are associated with different patterns of brain electrical activity, and these different patterns can be used to develop machine learning models for emotion detection.

Deep learning and machine learning techniques are used to analyze striped signals, identify differences between shapes caused by different emotions, and build models that depend on these differences to automatically detect mood.

There are many models that allow you to analyze brain signals and accurately determine the state of mood, since these models are used in many applications, such as electronic games, and to determine the functional response of the user during his work. There has also been a lot of research related to this area, which allows you to develop new technologies, improve research results and better understand the emotions, feelings and thoughts that affect the electrical activity of the brain.

3. Emotion recognition

Based on the fact that we live in the era of technology and artificial intelligence, it is very important to find a solution to the problem of the lack of communication between humans and robots, and for this we need to look for a solution. Any HCI system that does not take into account a person's emotional state will fail to adequately respond to those feelings. They came to the conclusion that in order to solve these problems in human-computer interaction systems, machines must understand and interpret human emotional states, that is, the formulation of the solution is to find a reliable, accurate, flexible and reliable emotion recognition system to achieve intelligent human computer interaction. systems.

To generate appropriate responses, it is necessary to accurately understand the types of human contact. It can be said that the ability of a computer to understand human behavior and feelings is a critical component of the system's ability to adapt. Therefore, it is important to recognize the emotional states of the user in order to maximize and improve the performance of HCI systems.

It can be said that in the HCI system, if the computer is able to accurately understand the emotional state of the human operator in real time, then the interaction between the machine and the operator can be improved to make it more convenient and intelligent [4].

Facial expression, behavior, speech and physiological signals can be used to identify human emotions. The first three approaches are somewhat subjective. For example, defendants may intentionally hide their true feelings, which may affect their work. Emotion recognition based on physiological signals is more reliable and objective [4].

The central nervous system generates EEG signals that respond to emotional changes faster than signals from other peripheral nerves. Moreover, EEG signals have been shown to provide important functions for emotion recognition [4].

4. Gated Recurrent Network (GRU)

GRU or Gated recurrent unit is an improvement on the standard RNN, that is, a recurrent neural network. It was introduced by Kyunghyun Cho and others in 2014 , (Fig. 1).

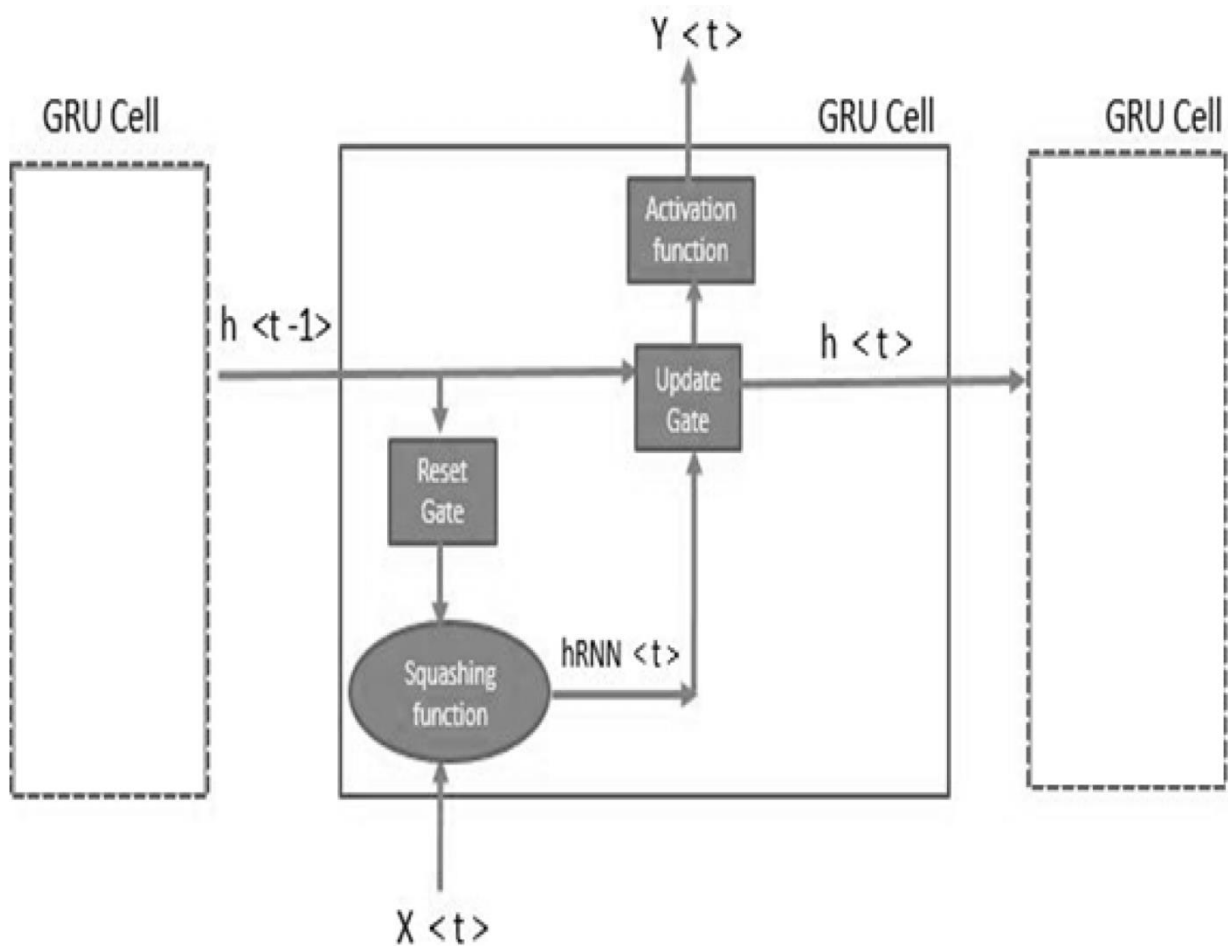


Fig.1. GRU cell structure

In the GRU, only one hidden state is transmitted from one time step to another. As a result of the gatewaying and computation mechanisms that the latent state and inputs undergo, it can support both long-term and short-term dependencies at the same time. Some applications of GRU are speech recognition, stock price prediction, machine translation, sentiment analysis, and so on. 9 shows the structure of a GRU cell. At each timestamp t , it takes input X_t and a hidden state H_{t-1} from the previous timestamp $t - 1$. Later, it outputs a new hidden state H_t , which is passed again to the next timestamp [5].

GRUs are very similar to Long Short Term Memory (LSTM). Like the LSTM, the GRU uses gateways to control the flow of information. They are relatively new compared to LSTMs. For this reason, they offer some improvements over LSTMs and

have a simpler architecture , (Fig. 2).

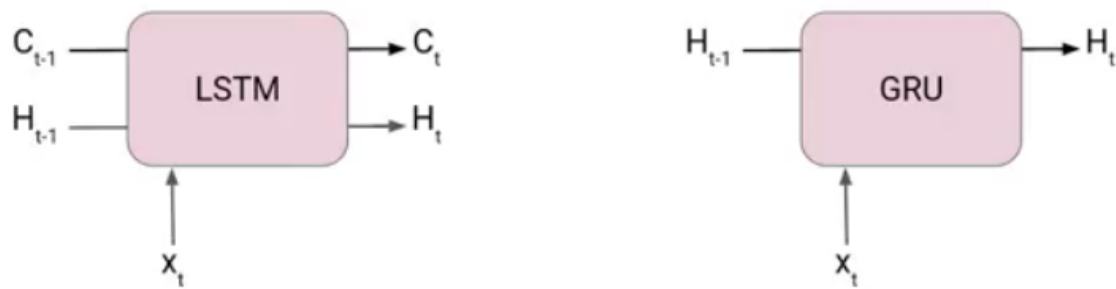


Fig.2. Image showing the difference in structure between LSTM and GRU

Another interesting feature of GRU is that, unlike LSTM, it does not have a separate cell state (Ct). It only has a hidden state (Ht). Because of the simpler architecture, GRUs learn faster.

Now let's see how these gates work. To find the hidden state Ht in the GRU, a two-step process must be followed. The first step is to create a so-called latent candidate state.

The hidden state candidate takes the input and the hidden state from the previous timestamp t-1, which is multiplied by the gate reset output rt.

$$\hat{H}_t = \tanh(x_t * U_g + (r_t \circ H_{t-1}) * W_g)$$

Later I passed all this information to the tanh function, the resulting value is the hidden state of the candidate.

$$\hat{H}_t = \tanh(x_t * U_g + (r_t \circ H_{t-1}) * W_g)$$

The most important part of this equation is how we use the reset gate value to control what effect the previous hidden state can have on the candidate state.

If the value of rt is 1, this means that all information from the previous hidden state Ht-1 is taken into account. Similarly, if the value of rt is 0, it means that the information from the previous hidden state is completely ignored.

Once we have the candidate state, it is used to generate the current hidden state H_t . This is where the update window comes into play. This is a very interesting equation, instead of using a separate gate as in the LSTM in GRU, we use a single update gate to manage both the historical information which is H_{t-1} and the new information which comes from the candidate state.

$$H_t = u_t \circ H_{t-1} + (1-u_t) \circ \hat{H}_t$$

Now suppose the value of u_t is around 0, then the first term in the equation will disappear, which means the new hidden state won't have much information from the previous hidden state. On the other hand, the second part becomes almost like this, which essentially means that the latent state at the current timestamp will only consist of information from the candidate state.

$$H_t = u_t \circ H_{t-1} + (1-u_t) \circ \hat{H}_t$$

Similarly, if the value of $(1-u_t)$ is on the second term, it will become completely 0, and the current hidden state will depend entirely on the first term, i.e. information from the hidden state at the previous timestamp $t-1$.

$$H_t = u_t \circ H_{t-1} + (1-u_t) \circ \hat{H}_t$$

Therefore, we can conclude that the value of u_t is very important in this equation and can vary from 0 to 1.

5. Results

The Python language and the Colab environment are used. We used the SEED database. The database was divided into training (70%) and test (30%) samples.

The model was built using GRU. We got an accuracy of 88.76%. On fig. 3. error matrix is shown.

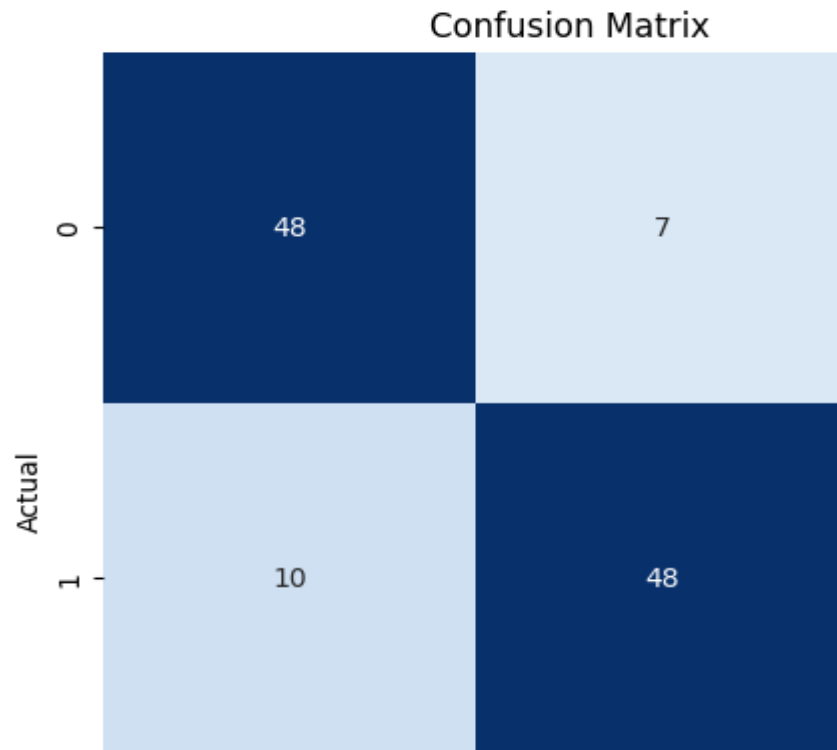


Fig. 3. Error matrix

It follows from the error matrix (Fig. 3.) that 47 values belonging to the first category were predicted correctly, and 48 values belonging to the second category were predicted correctly.

In this case, 8 values were incorrectly predicted as belonging to the second category, and 10 values were incorrectly predicted as belonging to the first category.

In the case of using a fully connected neural network consisting of several layers, we obtained a classification accuracy of 90.68%. On fig. 4. Fully connected neural network error matrix is shown.

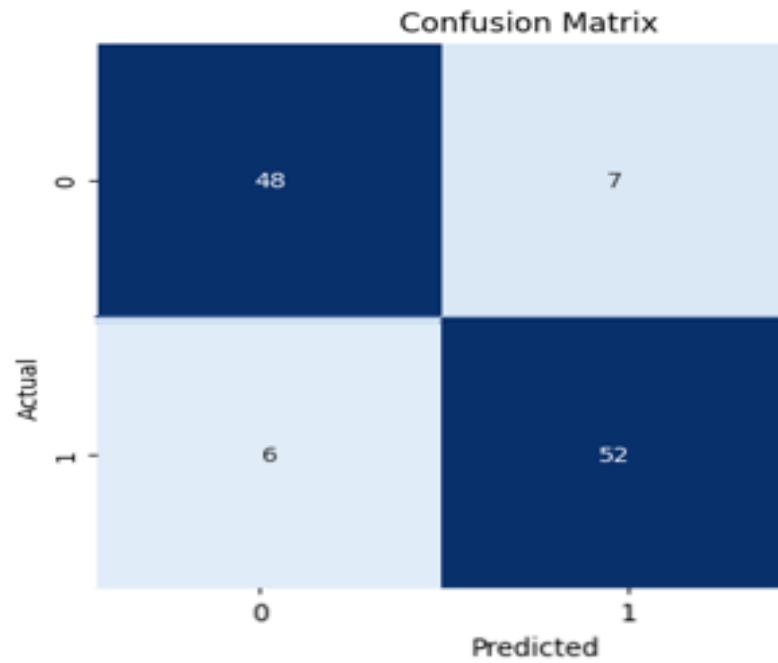


Fig. 4. Error Matrix of a Fully Connected Neural Network

From the error matrix, we notice that 48 values belonging to the first category were predicted correctly and 52 values belonging to the second category were predicted correctly.

In this case, 7 values were incorrectly predicted as belonging to the second category, and 6 values were incorrectly predicted as belonging to the first category.

Compared with the results of other articles, we note that our result is better. The table 5. shows a comparison of the results.

Article1 (Yun Lu)	85,11%
Article2 (Ante Topic)	88,5%
Article 3(Li J)	86.21%
GRU	88.76%
Fully Connected Neural Network	90.68%

5. Results table

What can be said and how can the results be analyzed?

- The fully connected network trained better and therefore gave better results.

The GRU network depends on the current and previous state, and for our task that requires recognition of feelings in different scenes, here we can say that the presence of the previous state did not affect the accuracy of the model enough.

From the comparison table with articles, we find that our model, which is represented by using the Wavelet transform to extract features from EEG signals and then applying a fully connected network, gave better accuracy than the others, and it is worth mentioning here that the data extraction method is or otherwise affect the accuracy of the model under study.

Список литературы

1. Lu Y. и др. Dynamic entropy-based pattern learning to identify emotions from EEG signals across individuals // Measurement. 2020. Т. 150. С. 107003.
2. Topic A., Russo M. Emotion recognition based on EEG feature maps through deep learning network // Engineering Science and Technology, an International Journal. 2021. Т. 24. № 6. С. 1442–1454.
3. Li J. и др. Cross-Subject EEG Emotion Recognition With Self-Organized Graph Neural Network // Front Neurosci. 2021. Т. 15.
4. Houssein E. H., Hammad A., Ali A. A. Human emotion recognition from EEG-based brain–computer interface using machine learning: a comprehensive review // Neural Comput Appl. 2022. Т. 34. № 15. С. 12527–12557.
5. Chowdary M. K., Anitha J., Hemanth D. J. Emotion Recognition from EEG Signals Using Recurrent Neural Networks // Electronics (Basel). 2022. Т. 11. № 15. С. 2387.
6. Patel P., R R., Annavarapu R. N. EEG-based human emotion recognition using entropy as a feature extraction measure // Brain Inform. 2021. Т. 8. № 1. С. 20.
7. Liu H. и др. Review on Emotion Recognition Based on Electroencephalography // Front Comput Neurosci. 2021. Т. 15.
8. Cai J. и др. Application of Electroencephalography-Based Machine Learning in Emotion Recognition: A Review // Front Syst Neurosci. 2021. Т. 15.
9. Alfred M. и др. Signal Analysis: Wavelets, Filter Banks, Time-Frequency Transforms and Applications // ISBN 0- 471-98626-7 Electronic ISBN 0-470-84183-4.
10. Principal Component Analysis (PCA) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.datacamp.com/tutorial/principal-component-> (дата обращения: 20.03.2023).

11. What is Feature Extraction? Feature Extraction in Image Processing [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mygreatlearning.com/blog/feature-extraction-in-image-processing/> (дата обращения: 02.06.2023).
12. Data preprocessing [Электронный ресурс]. URL: <https://www.techtarget.com/searchdatamanagement/definition/data-preprocessing> (дата обращения: 03.06.2023).
13. Selection-in-machine-learning [Электронный ресурс]. URL: <https://www.simplilearn.com/tutorials/machine-learning-tutorial/feature-> (дата обращения: 07.06.2023).
14. What is the wavelet transform? [Электронный ресурс]. URL: <https://www.educative.io/answers/what-is-the-wavelet-transform> (дата обращения: 23.03.2023).
15. What are neural networks? [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ibm.com/topics/neural-networks> (дата обращения: 05.06.2023).
16. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Перечень опасных и вредных факторов.
17. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
18. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
19. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 "Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)".
20. ГОСТ 54 30013-83 Электромагнитные излучения СВЧ. Предельно допустимые уровни облучения. Требования безопасности.
21. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция.
22. ГОСТ 12.4.154-85 "ССБТ. Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты".

- 23.ГОСТ Р 51768-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Методика определения ртути в ртутьсодержащих отходах. Общие требования.
- 24.ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
- 25.НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
- 26.ГОСТ Р 55710-2013. Освещение рабочих мест внутри зданий. – М.: Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2016.
- 27.ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности.
- 28.ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны
- 29.ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
- 30.ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.