

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт Кибернетики  
Направление подготовки Прикладная математика и информатика  
Кафедра Программной инженерии

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Сравнение эффективности нейросетевых архитектур для распознавания изображений</b>

УДК 004.932.75'1-028.24:004.032.26

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Б31	Ч. Б. Раднаев		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Начальник учебно-методического отдела	О. М. Гергет	Кандидат технических наук		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Л. Р. Тухватулина	Кандидат философских наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	В. Н. Извеков	Кандидат технических наук		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Программной инженерии	М. А. Иванов	Кандидат технических наук		

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт кибернетики  
 Направление подготовки Прикладная математика и информатика  
 Кафедра программной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ  
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
8БЗ1	Ч. Б. Раднаев

Тема работы:

Сравнение эффективности нейросетевых архитектур для распознавания рукописных символов	
Утверждена приказом директора Института кибернетики (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы: (дата)	
---	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования; документы конференции и отчеты НИИР; программное обеспечение).</i></p>	<p>Объектом исследования является архитектуры нейронных сетей для распознавания изображений. Исходные данные к работе: изображения рукописных символов из база данных MNIST (Mixed National Institute of Standards and Technology).</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования; разработка алгоритмов и программ; описание методов исследования обработки результатов; анализ полученных результатов; дополнительные разделы, подлежащие разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Анализ методов распознавания рукописных символов                      Проведение вычислительных экспериментов по подбору гиперпараметров                      Анализ результатов вычислительного эксперимента                      Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение                      Социальная ответственность</p>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Схемы архитектур нейронных сетей                      Мультимедийная презентация в формате .pptx на слайдах</p>

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
1. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Л. Р. Тухватуллина
2. Социальная ответственность	В. Н. Извеков
3. Английский язык	
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	

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

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
	О. М. Гергет	Кандидат технических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8Б31	Ч. Б. Раднаев		

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт Кибернетики  
Направление подготовки Прикладная математика и информатика  
Кафедра Прикладной математики  
Период выполнения осенний / весенний семестр 2016/2017 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	60
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Начальник учебно-методического отдела	О. М. Гергет	кандидат технических наук		

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Программной инженерии	М. А. Иванов	Кандидат технических наук		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8Б31	Ч. Б. Раднаеву

<b>Институт</b>	Институт кибернетики	<b>Кафедра</b>	Программная инженерия
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	Прикладная математика и информатика

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

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i></li> <li>2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i></li> <li>3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i></li> </ol>	<p>Оклад руководителя 23264 руб.;                  Стипендия студента 2275 руб.;                  Бюджет затрат НИИ 50306,09 руб.;                  Ставка отчисления во внебюджетные фонды 6013,11 руб.;</p>
--	---

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

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i></li> </ol>	<p>Оценка конкурентоспособности, рассмотрение альтернатив проведения НИ, QuaD технология.</p>
<ol style="list-style-type: none"> <li>2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i></li> </ol>	<p>Планирование этапов разработки программы, определение трудоемкости, построение диаграммы Ганта.</p>
<ol style="list-style-type: none"> <li>3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i></li> </ol>	<p>Сравнительный анализ интегральных показателей эффективности, формирование бюджета НИИ</p>

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

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i></li> <li>2. <i>Альтернативы проведения НИ</i></li> <li>3. <i>График проведения и бюджет НИ</i></li> <li>4. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i></li> </ol>
--

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	21.03.2017
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Л. Р. Тухватулина	Кандидат философских наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8Б31	Ч. Б. Раднаев		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8Б31	Ч. Б. Раднаеву

<b>Институт</b>	<b>Кибернетики</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Программная инженерия</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	Прикладная математика и информатика

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.

Рабочим местом является офисное помещение. Рабочей зоной является место за персональным компьютером, отведённое для выполнения работы. Технологический процесс представляет собой работу с алгоритмом с использованием языка Python. Алгоритм выдает результаты проведения вычислительного эксперимента по подбору гиперпараметров нейронной сети. Основным оборудованием, на котором производится работа, является персональный компьютер с периферийными устройствами.

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

#### 1. Производственная безопасность

1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;
- действие фактора на организм человека;
- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
- предлагаемые средства защиты;
- (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).

1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- механические опасности (источники, средства защиты);
- термические опасности (источники, средства защиты);

Вредные факторы:

- Электромагнитные излучения
- Микроклимат
- Освещенность рабочей зоны
- Шум на рабочем месте

Опасные факторы:

- Статическое электричество
- Электрический ток

<ul style="list-style-type: none"> <li>- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>- пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>	
<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>- анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>- анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>- разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p>- Анализ негативного воздействия на окружающую природную среду: утилизация люминесцентных ламп, компьютеров и другой оргтехники</p>
<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>- выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>- разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>- разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	<p>Наиболее типичная ЧС – пожар. Для повышения устойчивости объекта к пожарам необходимо использовать огнеупорные материалы, а также ознакомить персонал с режимом работы объекта в случае возникновения ЧС и обучить выполнению конкретных работ по ликвидации очагов поражения. Предусмотренные средства пожаротушения (согласно требованиям противопожарной безопасности СНиП 2.01.02-85): огнетушитель ручной углекислотный ОУ-5, пожарный кран с рукавом и ящик с песком (в коридоре).</p>
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78[14]. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы регулируется в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03[8].</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	28.03.2017
--	------------

**Задание выдал консультант:**

## РЕФЕРАТ

Учебно-исследовательская работа 68 с., 13 рис., 26 таблиц, 13 источников.

Ключевые слова: нейронные сети, распознавание символов, оптимизация гиперпараметров, сверточные сети.

Объектом исследования является архитектуры нейронных сетей для распознавания изображений.

Целью данной работы является нахождение комбинации гиперпараметров, при которой достигается наибольшая точность распознавания.

В ходе выполнения работы вычислительный эксперимент по нахождению гиперпараметров с применением языка Python и библиотек Keras и Theano.

В первой главе представлена содержательная постановка задачи.

Во второй главе представлена концептуальная постановка задачи.

В третьей главе представлена математическая постановка задачи.

В четвертой главе представлен выбор метода решения задачи.

В пятой главе разрабатывается алгоритм решения задачи.

В шестой главе представлено описание программного обеспечения.

В седьмой главе проводятся Планирование и проведение экспериментов.

## Содержание

Введение.....	11
1. Содержательная постановка.....	13
2. Концептуальная постановка задачи.....	15
3. Математическая постановка задачи.....	17
Обзор литературы.....	18
4. Описание метода решения.....	19
4.1. Выбор входных данных.....	19
4.2. Нейросетевые модели.....	19
4.2.1. Многослойный персептрон.....	20
4.2.2. Сверточные нейронные сети.....	21
4.3. Алгоритмы обучения.....	23
4.3.1. Алгоритм обратного распространения.....	23
4.4. Проверка адекватности построенной модели.....	26
4.4.1. Кроссвалидация по K выборкам.....	26
4.4.2. Оценка вероятности распознавания.....	27
5. Проведение вычислительного эксперимента.....	30
5.1. Программная реализация моделей.....	30
5.2. Результаты вычислений.....	32
5.3. Выводы.....	36
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	37
1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	38
1.1. Анализ конкурентных технических решений.....	38
2. Планирование научно-исследовательских работ.....	40
2.1. Структура работ в рамках научного исследования.....	40
2.2. Определение трудоемкости выполнения работ.....	42
2.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	44
2.3.1. Расчет материальных затрат НТИ.....	44
2.3.2. Расчет амортизационных отчислений.....	44
2.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы.....	44

2.3.4.	Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	44
2.3.5.	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)....	45
2.3.6.	Накладные расходы.....	45
2.3.7.	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	46
3.	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования..	46
4.	Общий вывод по разделу.....	49
6.	Социальная ответственность.....	50
	Аннотация.....	50
	Введение.....	50
6.1.	Производственная безопасность.....	51
6.2.	Уровень электромагнитного излучения; напряжённость электрического поля.....	52
6.3.	Недостаточная освещённость рабочей зоны и рабочего места.....	54
6.4.	Микроклимат.....	56
6.5.	Шум.....	57
6.6.	Электробезопасность.....	59
6.7.	Экологическая безопасность.....	60
6.8.	Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Пожарная безопасность....	61
6.9	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности..	63
	6.9.1 Организационные мероприятия обеспечения безопасности.....	63
	6.9.2 Особенности законодательного регулирования проектных решений .....	65
	Заключение.....	66
	Список литературы.....	67
	ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	69
	ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	75

## **Введение**

Развитие и распространение компьютерной обработки информации привели к возникновению потребностей в технологиях, позволяющих машинам осуществлять распознавание в обрабатываемой ими информации. Разработка методов машинного обучения позволяет расширить круг выполняемых компьютерами задач и сделать машинную переработку информации более эффективной. Примерами сфер применения распознавания могут служить системы распознавание текста, машинное зрение, распознавание речи, отпечатков пальцев и прочее. Несмотря на то, что некоторые из этих задач решаются человеком на подсознательном уровне с большой скоростью, до настоящего времени ещё не создано компьютерных программ, решающих их в столь же общем виде. Существующие системы предназначены для работы лишь в специальных случаях со строго ограниченной областью применения.

При проектировании нейронной сети для распознавания важным этапом является подбор гиперпараметров. Нейронные сети, основанные на методах извлечения признаков, имеют от десяти до примерно пятидесяти гиперпараметров, зависящих от того, как экспериментатор параметризует сеть и сколько гиперпараметров изменяются для достижения требуемого результата. Сложность настройки этих моделей обуславливается тем, что необходимо найти компромисс между качеством распознавания и скоростью обучения. Усовершенствование методов оптимизации гиперпараметров и разработка новых является актуальным в настоящее время.

Целью моей работы является исследование эффективности нейросетевых архитектур для распознавания рукописных символов

Для решения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) Выбрать входные данные;
- 2) Реализовать выбранную нейросетевую модель;

- 3) Загрузить входные данные;
- 5) Осуществить подбор оптимальной комбинации гиперпараметров, при которой достигается требуемая точность распознавания изображений;
- 6) Проверить адекватности построенной модели.

## 1. Содержательная постановка

Естественные нейронные сети обладают возможностью выделять общее во входных данных. Искусственная нейронная сеть является моделью, реализующую эту способность естественных нейронных сетей для решения конкретной задачи.

Точные значения параметров нейронной сети определяются в фазе *обучения*, выполняющейся с использованием обучающего множества. Для проверки достижения требуемой точности на вход нейронной сети подаются примеры из *валидационного* множества, которая не имеет пересечения с обучающим. Однажды тренированная модель может идентифицировать новые цифровые изображения, которые составляют *тестирующее множество*. Способность идентифицировать новые примеры, которые отличаются от тех, что присутствуют в обучающем множестве, называется *обобщением*. В практических приложениях вариации входных значений являются такими, что обучающее множество является лишь малой частью всех возможных входных векторов, поэтому обобщение является главной целью распознавания образов.

Для обучения нейронной сети существуют три основных парадигмы обучения:

- случаи, в которых обучающее множество включает входные значения вместе с соответствующими им ожидаемыми значениями, называются *обучением с учителем*. В случае с распознаванием символов в соответствие каждому входному изображению в виде двумерной матрицы соответствует маркер, указывающий на принадлежность к конкретному символу;
- задачу распознавания, когда обучающие данные состоят из множества входных векторов без соответствующих целевых значений, называется *обучением без учителя*.

- метод *обучения с подкреплением* связан с проблемой поиска подходящих действий в заданной ситуации для максимизации вознаграждения. Здесь обучающему алгоритму не дан набор примеров с оптимальными выходами, но вместо этого необходимо найти их в процессе испытаний.

*Гиперпараметры* нейронной сети – это те параметры, которые не изменяются в ходе обучения нейронной сети. Целью оптимизации гиперпараметров нейронной сети является поиск такой комбинации гиперпараметров, при которой ошибка обобщения минимальна.

В общем случае на данный момент не существует эффективных алгоритмов оптимизации гиперпараметров. В связи с широкой областью применения алгоритмов распознавания изображения эта задача является одной из самых актуальных.

## 2. Концептуальная постановка задачи

*Образ* – это объект, для которого требуется определить, к какому из категорий, или классов он принадлежит.

*Прецедент* – это ранее классифицированный образ, принимаемый как образец при решении задачи классификации.

*Признак* – количественное измерение характеристик объекта произвольной природы. Совокупность признаков одного образа называется *вектором признаков*. Набор всех векторов признаков образует *пространство признаков*. Отображение из пространства признаков в пространство образов имеет взаимно однозначный характер.

*Классификатором* называется функция, отображающая образ к одному из классов на основании его вектора признаков.

Входным значением нейронной сети будет изображение, представленное в виде цифровой матрицы. В данной работе поставленная задача выполнялась с использованием базы рукописных цифр MNIST (Mixed National Institute of Standarts and Technology). В этой базе прецедент представляется в виде пары значений изображения (28\*28 пикселей), а метки соответствующего изображению образа. На рис. 2.1 приведена часть входного множества из базы рукописных цифр MNIST.

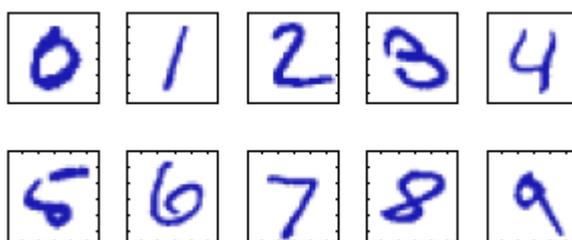


Рис. 2.1. Изображения из входного множества

Требуется построить классификатор с таким набором гиперпараметров, при которой достигается минимальная ошибка обобщения. При исследовании рассматривались следующие гиперпараметры:

- число полносвязных, сверточных, субдискретизирующих слоев;
- количество нейронов в слоях;
- шаг, размеры и количество рецептивных полей для сверточных слоев.

### 3. Математическая постановка задачи

Пусть  $\sigma$  - пространство образов,  $X$  – пространство признаков,  $g(w)$ ,  $w \in \sigma$  – индикаторная функция, тогда  $g: \sigma \rightarrow M$ , где  $M$  – множество признаков.

Пусть  $X = \langle x(w_i), g(w_i) \rangle$ ,  $i = 1, \dots, N$  – множество прецедентов,  $\hat{g}(w)$  – классификатор, тогда  $\hat{g}: X \rightarrow M$ .

Задача заключается в построении такого решающего правила  $\hat{g}(x)$ , чтобы распознавание проводилось с минимальным числом ошибок.

Выбор решающего правила исходит из минимизации  $d(g, \hat{g}) \rightarrow \min$ ,  $d$  – метрика, характеризующая степень близости аргументов. Построение  $\hat{g}$  называется задачей обучения, процедура формирования - алгоритм обучения, прецеденты – обучающее множество [9]. В случае распознавания изображений в качестве образа выступает входное изображение.

## Обзор литературы

В этой главе представлен обзор способов решения задачи распознавания.

*Линейный классификатор.* Каждый пиксель входного изображения дает вклад во взвешенной сумме для каждого выходного значения.

*Метод  $k$  ближайших соседей.* Степень близости между входными изображениями определяется по евклидовой норме. Преимущество метода в том, что не требуется времени на обучение, однако требует больших вычислительных затрат на распознавание, так как требуется вычислить норму расстояния между входным изображением и всеми изображениями из обучающего множества.

*Машина опорных векторов.* Основной целью построения является уменьшение вычислительной сложности расстояния между образами. Для этого строятся вектора признаков, при построении которых исходят из сокращения размерности относительно самих образов при сохранении наилучшей информативности. Два вектора признаков имеют большое расстояние между собой, если относятся к разным классам, и соответственно, малое расстояние, если относятся к одному и тому же классу. Преимуществом метода является быстрота нахождения решающей функции, недостатком – чувствительность к шумам.

*Многослойная полносвязная нейронная сеть (многослойный персептрон).* Представляет собой ациклический граф, в которых узлами являются нейроны, а расстояния между узлами определяются весовыми коэффициентами. Нейроны, не соединенные друг с другом, объединены в слои. Обобщающая способность сети характеризуется числом связей между нейронами.

## 4. Описание метода решения

### 4.1. Выбор входных данных

Входные данные должны удовлетворять критерию репрезентативности – соответствию выборки характеристикам генеральной совокупности.

В качестве входных данных выбрана база данных MNIST, которая содержит 60 000 изображений 28\*28 рукописных символов в обучающей выборке и 10 000 в тестовой выборке. База данных MNIST использовалась в для тестирования работоспособности распознающих алгоритмов в работах Я. Лекуна [4, 7].

### 4.2. Нейросетевые модели

Впервые концепцию искусственных нейронных сетей представили У. Маккаллок и У. Питтс [14]. Нейронные сети представляют собой совокупность простейших вычислителей - нейронов, которые состоят из сумматора и активационной функции. Связь между двумя нейронами характеризуется весовым коэффициентом. На вход нейрона подаются выходные значения других нейронов, помноженные на весовые коэффициенты, которые суммируются и подаются на вход активационной функции:

$$y_k = f\left(\sum_i w_{ik} x_i\right), \quad (4.1)$$

Где  $y_k$  – выход  $k$ -го нейрона,  $w_{ik}$  – весовой коэффициент,  $x_i$  –  $i$ -й входной сигнал.

Выход активационной функции является выходом нейрона. На рис. 4.1 изображена схема нейрона.

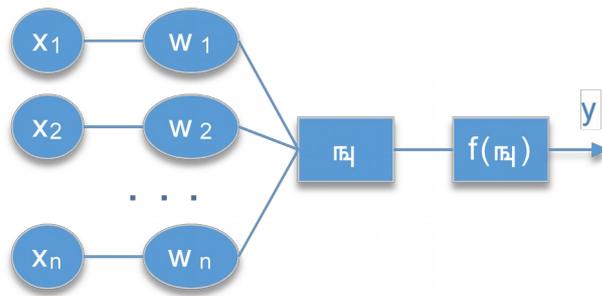


Рис. 4.1 - Схема нейрона

Процесс настройки весовых коэффициентов (весов) называется обучением. Нейронные сети классифицируют по способу соединения нейронов (полносвязные сети прямого распространения), по выбору активационной функции (радиальные базисные сети), наличию разделяемых весов (сверточные сети), наличию обратных связей (рекуррентные сети). Рассмотрим некоторые из них.

#### 4.2.1. Многослойный персептрон

Многослойный персептрон является полносвязной сетью прямого распространения. Это означает, что нейроны объединены в слои и сигнал от входного слоя к выходному слою, причем каждый нейрон одного слоя связан со всеми нейронами предыдущего слоя. Нейроны одного слоя не связаны с друг с другом. На рис. 4.2 представлена схема 2-хслойного персептрона.

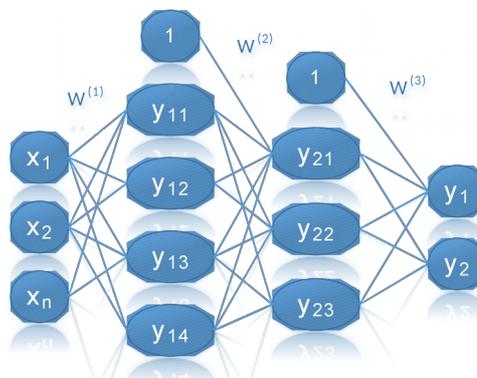


Рис. 4.2 - Схема 2-хслойного персептрона,

где  $\mathbf{x}$  - вектор входных сигналов,  $w^{(i)}$  - матрица весовых коэффициентов  $i$ -го слоя,  $w_{i0}$  - порог  $i$ -го слоя сети,  $y_{ij}$  - активационное значение нейрона,  $y_j$  – активационное значение выходного нейрона.

В качестве активационной функции в многослойном персептроне часто используются такие функции, как сигмоида, гиперболический тангенс. В данной работе используется функция ReLU (rectified linear unit)  $f(x)=\max(0,x)$ , реализующий пороговый переход в нуле (рис. 4.1). Преимуществом данной функции является то, что для вычисления функции не требуется трудоемких операций и при больших значениях аргумента не происходит «насыщения» (градиент очень близок к нулю). Более подробно это описано в работе А. Крижевского [4].

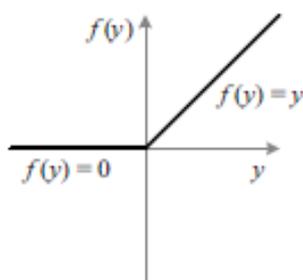


Рис. 4.3 - График функции ReLU

Также в качестве активационной функции нейронов выходного слоя для оценки вероятности классификации используется функция softmax (см. раздел 4.3.2).

#### 4.2.2. Сверточные нейронные сети

Сверточные нейронные сети были предложены Яном Лекуном как специализированная архитектура для распознавания изображений [5]. Так как входное значение является изображением, то оно представляется в виде двухмерной матрицы, что позволяет сохранить информацию о соседних точках. В многослойном персептроне изображение представляется в виде одного вектора. Сверточные сети характеризуются наличием чередующихся

сверточных и субдискретизирующих слоев. Сверточный слой представляет собой набор фильтров (сверток) - матриц нейронов малого размера. Схему применения свертки можно увидеть на рис. 4.4.

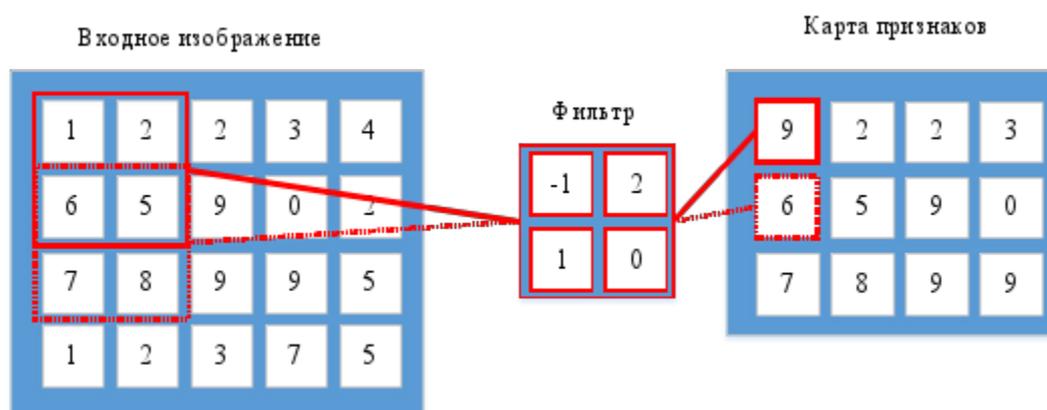


Рис. 4.4 – Операция свертки

Выходом сверточного слоя являются карты признаков, элементы которых получаются в результате скалярного произведения фильтра с участком входного слоя размером с сам фильтр. Каждый фильтр выдает одну карту признаков. В ходе обучения параметры фильтров настраиваются так, что получаемые двумерные карты признаков характеризуют наличие во входном изображении с определенного признака. С применением к картам признаков дополнительных сверточных слоев выявляются признаки более высокого порядка.

Далее, к картам признаков применяются слои субдискретизации (подвыборки). Слои субдискретизации применяются для пространственного уменьшения входного вектора, что ведет к инвариантности относительно масштаба и вращения. Последний полносвязный слой объединяет все карты признаков и выдает вектор выходов нейронной сети, каждое значение которой характеризует близость входного изображения к тому или иному классу [6]. На рис. 4.4 изображена схема сверточной нейронной сети.

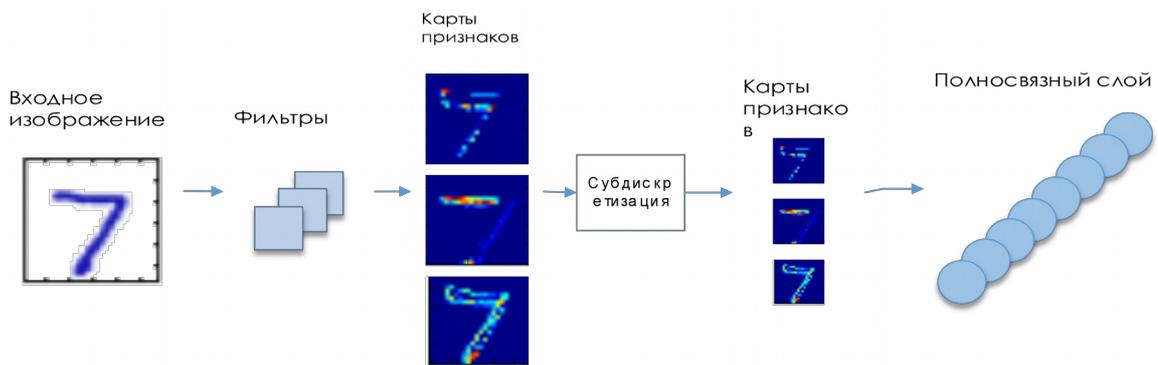


Рис. 4.5 - Схема слоев сверточной нейронной сети

Гиперапараметрами в сверточной сети будут:

- размер фильтра (stride) в сверточном слое;
- Шаг, с которым перемещается фильтр во входном изображении;
- Шаг усреднения в слое субдискретизации;
- Число сверточных слоев;

### 4.3. Алгоритмы обучения

К многослойным нейронным сетям при обучении применяется алгоритм обратного распространения ошибки. Алгоритм обратного распространения ошибки является способом вычисления градиента активационной функции для скрытых слоев нейронной сети, значение которого используется в алгоритме обучения.

#### 4.3.1. Алгоритм обратного распространения

Сигнал ошибки  $j$ -го выходного нейрона на итерации  $n$  (соответствующей  $n$ -му примеру обучения) определяется соотношением

$$e_j(n) = d_j(n) - y_j(n), \quad (4.1)$$

где  $d_j(n)$  – ожидаемый выход нейрона,  $y_j(n)$  – текущий выход нейрона. Текущая величины ошибки  $j$ -го нейрона определяется как  $\frac{1}{2}e_j^2(n)$ . Коэффициент  $\frac{1}{2}$  исчезает при взятии производной. Соответственно, текущее значение  $E(n)$

общей величины ошибки сети вычисляется путем сложения величин  $\frac{1}{2}e_j^2(n)$  по всем нейронам выходного слоя. Это "видимые" нейроны, для которых сигнал ошибки может быть вычислен непосредственно. Таким образом, можно записать

$$E(n) = \frac{1}{2} \sum_{j \in C} e_j^2(n) \quad (4.2)$$

где множество  $C$  включает все нейроны выходного слоя сети. Пусть  $N$  общее число образов в обучающем множестве (т.е. мощность этого множества). Величина среднеквадратической ошибки в таком случае вычисляется как нормализованная по  $N$  сумма всех значений энергии ошибки  $E(n)$ :

$$E_{av} = \frac{1}{N} \sum_{j \in 1..N} E(n) \quad (4.3)$$

Текущая величина ошибки  $E(n)$ , а значит и средняя величина ошибки  $E_{av}$ , являются функциями всех свободных параметров (т.е. синаптических весов и значений порога) сети. Целью процесса обучения является минимизация величины  $E_{av}$  при настройке параметров сети. В работе используется метод обучения, в котором веса обновляются для каждого обучающего примера в пределах всего обучающего множества. Настройка весов выполняется в соответствии с ошибками, вычисленными для каждого образа, представленного в сети [10].

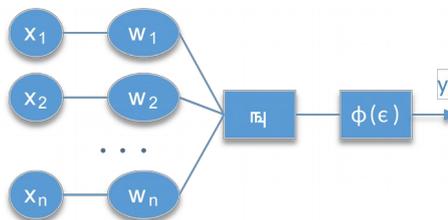


Рис. 4.6 - Передача сигнала в пределах одного нейрона

Рассмотрим рис. 4.5. На нем изображен один нейрон, на который поступает поток сигналов от нейронов, расположенных в предыдущем слое. Аргумент

активационной функции данного нейрона, называемый *активационным потенциалом*  $v_j(n)$ , равен

$$v_j(n) = \sum_{i=0}^m w_{ij}(n) y_i(n) , \quad (4.4)$$

где  $m$  - общее число входов нейрона  $j$ . Выходной сигнал  $y_j(n)$  нейрона на обучающем примере  $n$  равен

$$y_j(n) = \varphi_j(v_j(n)) \quad (4.5)$$

Алгоритм обратного распространения состоит в суммировании к весовому коэффициенту  $w_{ij}(n)$  коррекции  $\Delta w_{ij}(n)$ , пропорциональной частной производной  $\frac{\partial E(n)}{\partial w_{ij}}$ . Градиент можно представить следующим образом:

$$\frac{\partial E(n)}{\partial w_{ij}(n)} = \frac{\partial E(n)}{\partial e_j(n)} \frac{\partial e_j(n)}{\partial y_j(n)} \frac{\partial y_j(n)}{\partial v_j(n)} \frac{\partial v_j(n)}{\partial w_{ij}(n)} \quad (4.6)$$

Дифференцируя обе части уравнения (4.2) по  $e_j(n)$ , получим:

$$\frac{\partial E(n)}{\partial e_j(n)} = e_j(n) \quad (4.7)$$

Дифференцируя обе части уравнения (4.1) по  $y_j(n)$ , получим соотношение

$$\frac{\partial e_j(n)}{\partial y_j(n)} = -1 \quad (4.8)$$

Затем, дифференцируя (4.5) по  $v_j(n)$ , получим:

$$\frac{\partial y_j(n)}{\partial v_j(n)} = \varphi'_j(v_j(n)) \quad (4.9)$$

Дифференцируя (4.4) по  $w_{ij}(n)$ , получим выражение

$$\frac{\partial v_j(n)}{\partial w_{ij}(n)} = y_i(n) \quad (4.10)$$

Подставляя результаты 4.7-4.10 в выражение (4.6), окончательно получим:

$$\frac{\partial E(n)}{\partial w_{ij}(n)} = -e_j(n) \varphi'_j(v_j(n)) y_j(n) \quad (4.11)$$

Коррекция  $\Delta w_{ij}(n)$ , применяемая к  $w_{ij}(n)$ , определяется согласно дельта-правилу:

$$\Delta w_{ij}(n) = -\eta \frac{\partial E(n)}{\partial w_{ij}(n)} \quad (4.12)$$

где  $\eta$  - параметр скорости обучения алгоритма обратного распространения. Использование отрицательного знака в (4.12) связано с реализацией градиентного спуска в пространстве весов (т.е. поиском направления изменения весов, уменьшающего значение величины ошибки  $E(n)$ ). Следовательно, подставляя (4.11) в (4.12), получим:

$$\Delta w_{ij}(n) = \eta e_j(n) \varphi'_j(v_j(n)) y_j(n) \quad (4.13)$$

Из выражения (4.13) видно, что ключевым фактором в вычислении величины коррекции  $\Delta w_{ij}(n)$  весовых коэффициентов является сигнал ошибки  $e_j(n)$  нейрона. В этом случае можно выделить две различных вариации, определяемых положением нейрона в сети.

В первом случае нейрон является выходным. Так как для каждого выходного узла сети известен соответствующий желаемый отклик, вычислить сигнал ошибки можно с помощью простой арифметической операции, используя выражение (4.1). Во втором случае нейрон является скрытым. Для скрытого нейрона формула обратного распространения ошибки выглядит следующим образом:

$$\frac{\partial E(n)}{\partial y_j(n)} = -\sum_k e_k(n) \varphi'_k(v_k(n)) w_{kj}(n) = -\sum_k \delta_k(n) w_{kj}(n) \quad , \quad (4.14)$$

где  $\delta_k(n) = \varphi'_k(v_k(n)) \sum_k \delta_k(n) w_{kj}(n)$  - *локальный градиент* скрытого нейрона  $j$ , указывающий на требуемое изменение синаптического веса.

## 4.4. Проверка адекватности построенной модели

### 4.4.1. Кроссвалидация по K выборкам

Проверка адекватности модели проводится с помощью алгоритма кроссвалидации по K выборкам.

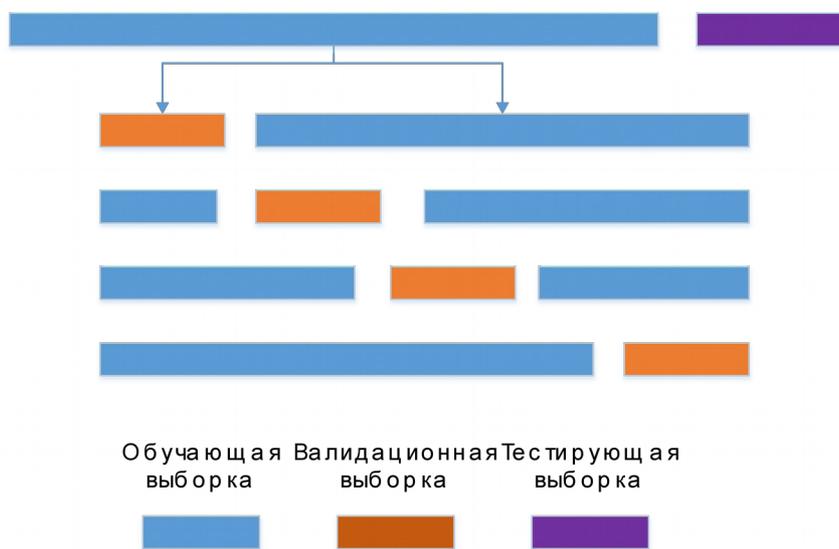


Рис. 4.7 - Кроссвалидация

Исходный набор данных разбивается на K одинаковых по размеру выборок. Из K выборок одна оставляется для тестирования модели, а остальные K-1 выборки используются как тренировочный набор. Процесс повторяется K раз, и каждая из выборок используется один раз как тестовый набор. Получаются K результатов, по одному на каждую выборку, они смешиваются случайным другим способом, и дают одну оценку. Преимуществом такого способа является то, что все исходное множество используется и для обучения, и для тестирования.

### 4.4.2. Оценка вероятности распознавания

Выходной сигнал сети представляет собой набор значений активационной функции для выходного слоя. Эти значения можно

нормализовать и представить в виде оценки вероятности предсказания того или иного класса.

Джон Бридл предложил схему нормализации классификаторов с  $N$  взаимоисключающими результатами в своей работе [2]. Эта схема, которую он назвал Softmax, применяется в качестве активационной функции выходного слоя нейронной сети. Особенность Softmax состоит в том, что его выходы положительны и сумма равна 1, что удовлетворяет аксиомам теории вероятностей. Каждый выход Softmax является монотонно растущей функцией соответствующего необработанного выхода (когда остальные выходы поддерживаются постоянными) и сохраняет порядок классов. Существуют и множество теоретических свойств Softmax, такие как связь с энтропией системы [2]. Вид Softmax следующая:

$$S_i = \frac{e^{\beta O_i}}{\sum_k E^{\beta O_k}}, \quad (4.16)$$

где  $O_i$  – активационный потенциал  $i$ -го нейрона, а  $S_i$  - показатель Softmax для класса  $i$ . Немного изменим эту функцию, добавив дополнительный член к знаменателю:

$$S_i = \frac{e^{\beta O_i}}{e^\alpha + \sum_k E^{\beta O_k}} \quad (4.17)$$

Член, включающий  $\alpha$ , представляет собой уровень активации искусственной  $N+1$ -й категории, означающий «ни один из вышеперечисленных». Это приводит к уменьшению оценки, когда наивысшая активная модуля имеет низкое абсолютное значение. Проводились тесты, показывающие, что использование Softmax с соответствующими значениями  $\beta$  дало практически идентичные характеристики отбраковки в более простой схеме. Это указывает на то, что существует относительно немного случаев, когда существует многосторонняя связь, занимающая второй план.

Для дискретного («да / нет») решения об однозначном отклонении  $\alpha$  несущественна; Его главное значение состоит в том, что он позволяет нам настроить Softmax как надежный вероятностный оценщик для наиболее вероятных классов-кандидатов, возвращаемых классификатором нейронных сетей. На рис. 4.6 заносится показатель Softmax для класса «победитель» в сравнении с процентом случаев, когда этот класс был на самом деле правильным ответом. Распределение баллов по шкале Softmax также нанесено на график. Так как сырая скорость распознавания составляет более 90%, большая часть активационных значений сконцентрирована в небольшой части гистограммы. Тем не менее, можно увидеть, что оценка Softmax дает хорошее представление о вероятности правильности классификации. На рис. 4.7 показаны те же функции для второго по величине выигрыша класса. В этом случае большая часть значений сконцентрирована в низких значениях выигрыша. Здесь, также, Softmax дает хорошую оценку вероятности того, что этот класс будет правильным ответом [8].

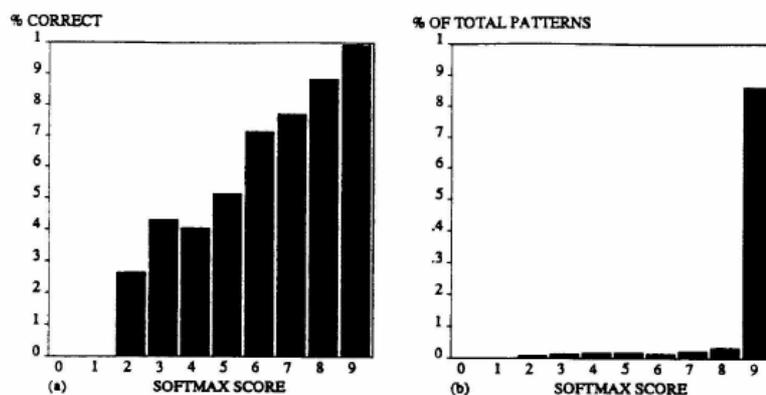


Рис. 4.8 - Значения функции softmax

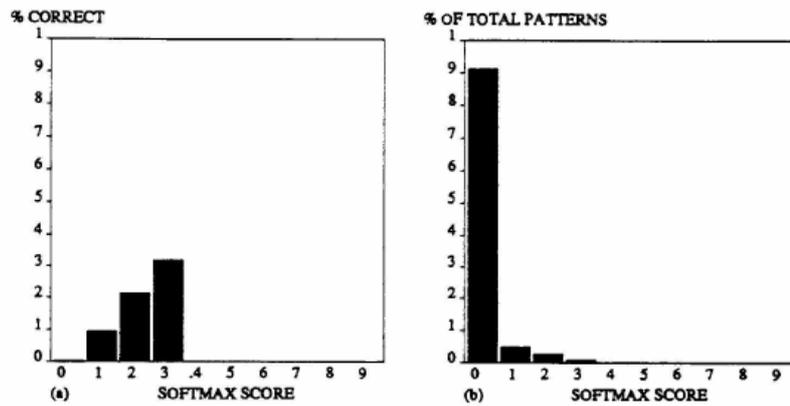


Рис. 4.9 - Значения функции softmax

## 5. Проведение вычислительного эксперимента

### 5.1. Программная реализация моделей

В данной работе рассматривались следующие архитектуры нейронных сетей: многослойный персептрон и сверточная нейронная сеть. Схемы реализованных нейронных сетей изображены на рис. 5.1-5.3.

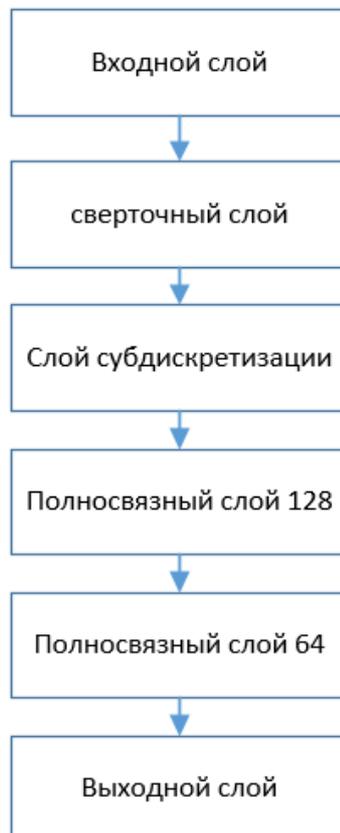


Рис. 5.1 - Схема сверточной НС с одним сверточным слоем

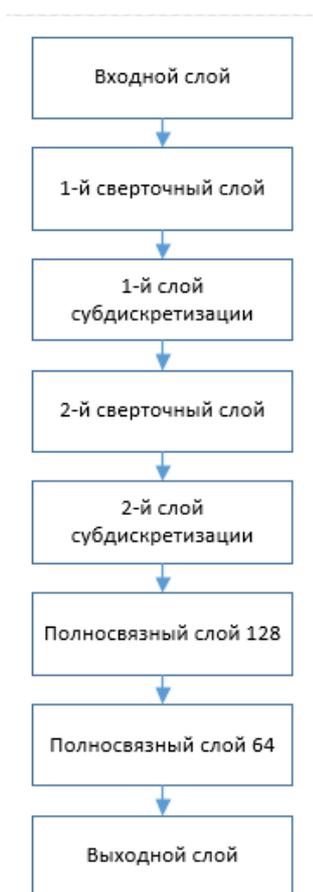


Рис. 5.2 - Схема сверточной НС с двумя сверточными слоями

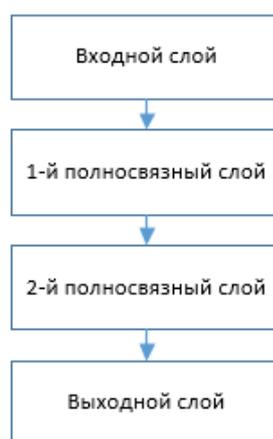


Рис. 5.3 - Схема полносвязной НС

## 5.2. Результаты вычислений

Написана программа на языке Python с использованием библиотеки моделирования нейронных сетей Keras и Theano (Приложение 2), с помощью которой проведены обучения и тестирование нейронных сетей для каждой из вариаций значений гиперпараметров. Для каждой комбинации гиперпараметров проведена кроссвалидация по обучающей выборке, результаты которого приведены в Приложении 1. Число эпох обучения для всех случаев равен 5. Результаты наилучших испытаний для каждой архитектуры приведены в таблице 2.1-2.3.

Таблица 2.1 - Результаты вычислений для сверточной сети с одним сверточным слоем

Архитектура		Мин. ошибка, %	Число настраиваемых параметров
Размер фильтра	Число фильтров		
2	4	10.30	95,582
2	8	10.0	182,130
2	16	8.38	355,226
2	32	7.28	701,418
2	64	6.77	1,393,802
3	4	9.09	95,602
3	8	7.34	182,170
3	16	7.94	355,306
3	32	6.31	701,578
3	64	6.15	1,394,122
4	4	9.22	82,830
4	8	7.630	156,626
4	16	7.380	304,218
4	32	6.21	599,402
4	64	15.63	1,189,770

Табли	Число	Число	Число	Мин.
-------	-------	-------	-------	------

ца 2.2 - Резуль таты вычис лений для сети с двумя сверто чными слоям и ХРазм ер ядра	фильтров 1	фильтров 2	настраиваемы х параметров	ошибка, %
2	4	4	27,554	11.55
2	4	8	46,054	12.43
2	4	16	83,054	10.72
2	4	32	157,054	10.23
2	4	64	305,054	8.98
2	8	4	27,638	12.93
2	8	8	46,202	11.27
2	8	16	83,330	9.88
2	8	32	157,586	9.75
2	8	64	306,098	8.95
2	16	4	27,806	9.8
2	16	8	46,498	8.07
2	16	16	83,882	7.35
2	16	32	158,650	6.72
2	16	64	308,186	5.54
3	4	4	22,022	12.09
3	4	8	34,970	10.15
3	4	16	60,866	10.2
3	4	32	216,242	7.14
3	8	4	22,206	11.81
3	8	8	352,908	7.62
3	8	16	61,482	6.58
3	8	32	113,850	6.29
3	8	64	218,586	6.72
3	16	4	22,574	9.09
3	16	8	35,954	7.23

3	16	16	62,714	7.3
3	16	32	116,234	6.02
3	16	64	223,274	4.62
4	4	4	17,554	10.86
4	4	8	26,006	10.08
4	4	16	42,910	6.88
4	4	32	76,718	7.46
4	4	64	144,334	7.43
4	8	4	17,878	10.17
4	8	8	26,586	8.31
4	8	16	44,002	7.78
4	8	32	78,834	7.81
4	8	64	148,498	6.47
4	16	4	18,526	8.63
4	16	8	27,746	7.89
4	16	16	46,186	7.14
4	16	32	83,066	3.30
5	4	4	17,737	10.84
5	4	8	26,330	8.85
5	4	16	43,522	7.960
5	4	32	77,906	9.09
5	8	4	18,238	10.58
5	8	8	27,234	7.98
5	8	16	45,226	8.68
5	8	32	81,210	6.21
5	16	4	19,246	9.63
5	16	8	29,042	8.27
5	16	16	48,634	6.7
5	16	32	87,818	14.72

Таблица 2.3 - Результаты вычислений для многослойного персептрона

Нейроны в 1-м слое	Нейроны в 2-м слое	Число настраиваемых параметров	Мин. ошибка, %
50	50	42,310	45.41
50	100	45,360	41.53
50	200	51,460	37.32
50	400	63,660	42.978
50	800	88,060	23.10

100	50	84,060	35.46
100	200	189,510	10.8
100	400	122,910	15.81
100	800	167,310	12.45
200	50	167,560	34.66
200	100	178,110	20.52
200	200	199,210	21.04
200	400	241,410	20.12
200	800	325,810	26.02
400	50	334,560	27.43
400	100	355,110	14.41
400	200	396,210	9.76
400	400	478,410	27.29
400	800	642,810	15.62
800	50	668,560	20.12
800	100	709,110	9.54
800	200	790,210	8.31
800	400	952,410	33.83
800	800	1,276,810	15.21

Итоговые результаты по всем рассмотренным архитектурам взяты при архитектурах с наилучшими показателями в своем классе и приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 - Итоговые результаты вычислений

Архитектура	Гиперпараметры	Процент распознанных примеров, %	Число весовых коэффициентов
Многослойный персептрон	ПС(800), ПС(200), ПС(10)	8.31	790,210
Сеть с одним сверточным слоем	СС(3*3,64), СД(2*2), ПС(128), ПС(64),	6.15	1,394,122

	ПС(10)		
Сеть с двумя сверточными слоями	СС(3*3,16), СД(2*2), СС(3*3,32), СД(2*2), ПС(128), ПС(64), ПС(10)	3.30	83,066

Сокращения: ПС(n) – полносвязный слой с n нейронами, СС(n\*m,k) – сверточный слой с k фильтрами размером n\*m, СД(n,m) – субдискретизационный слой с ядром n\*m.

### 5.3. Выводы

- Наилучшая точность распознавания достигается при размере фильтра 3\*3;
- С увеличением количества фильтров растет точность распознавания, но в то же время повышается количество настраиваемых параметров. Наилучшим для сети с одним сверточным слоем является число фильтров 32, а для двух сверточных слоев – 8 и 32;
- При использовании сети с двумя сверточными слоями используется меньшее число настраиваемых параметров, чем при использовании однослойной при достижении точности одного порядка;
- Полносвязная сеть уступает в точности сетям со сверточными слоями, и для достижения точности одинакового порядка требуется использование большого числа параметров

## **6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

При осуществлении любой проектной и научно-исследовательской деятельности большую роль играет экономическое обоснование работ. Понятие «экономическое обоснование работ» включает в себя: определение потенциальных потребителей и сегмента рынка, сравнительный анализ предлагаемого решения по отношению к конкурентам, определение себестоимости разработки. Себестоимость проекта содержит в себе следующие статьи затрат: основная и дополнительная заработная плата участников проекта, затраты на необходимое оборудование и его амортизацию и прочие накладные расходы. Таким образом, происходит формирование бюджета научно - исследовательского проекта, в соответствии с календарным планом - графиком работ.

Данный раздел является обязательной частью данной работы, представляющий собой детальный анализ экономической эффективности проекта. Научно-исследовательская работа представляет собой проектирование и разработку программно-алгоритмических средств для синтаксического анализа технических текстов и дальнейшего автоматического составления рефератов на основе полученных аналитических данных. Данный программно-алгоритмический продукт проводит синтаксический анализ предлагаемых пользователем технических текстов (статей, научно-исследовательских работ и т.п.), исходя из полученных при анализе данных и имеющейся базы опорных слов и словосочетаний, автоматически составляет реферат текста в соответствии с требованиями пользователя.

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

## 1.1. Анализ конкурентных технических решений

Таблица 1 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес крите-	Баллы			Конкуренто-способность		
		3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
Интерфейс пользователя	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
Сопроводительная документация	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35
Совместимость с другими программами	0,04	5	5	4	0,2	0,2	0,16
Простота ввода в эксплуатацию	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Возможности настройки программы по определенным параметрам	0,05	5	4	5	0,25	0,2	0,25
Аппаратная независимость, открытость системы	0,06	3	2	2	0,18	0,12	0,12
Язык написания, сложность сопровождения	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
Степень соответствия современным требованиям в области использования	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
Конкурентоспособность разработки	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
Цена	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32
Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4

Финансирование научной разработки	0,1	4	3	4	0,4	0,3	0,4
<b>Итого</b>	<b>1</b>				<b>4,68</b>	<b>4,09</b>	<b>4,4</b>

**Вывод:** Анализ конкурентоспособности, представленный в таблице 1, показал, что технические и экономические показатели оценки ресурсоэффективности нашей разработки опережают показатели конкурентов.

## 2. Планирование научно-исследовательских работ

### 2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 2 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Согласование, утверждение и принятие технического задания	Руководитель
<i>Проведение ОКР</i>			
Разработка и утверждение технического проекта	2	Определение логики информационной системы.	Лаборант
	3	Установление подробного плана и сроков разработки информационной системы	Руководитель
	4	Утверждение технического проекта	Руководитель
Разработка ИС, программной документации, испытание ИС	5	Программирование, отладка проекта на локальной машине	Лаборант
	6	Разработка графического интерфейса	Лаборант
	7	Разработка, выбор пакета тестов информационной системы, проведение комплекса внутри - и межмодульных тестов	Лаборант
	8	Ограниченное развертывание ИС в сети, поиск и устранение сетевых ошибок	Лаборант, руководитель

	9	Доработка проекта, устранение выявленных ошибок и уязвимостей	Лаборант
Внедрение ИС	10	Полноценное развертывание ИС в сети.	Лаборант, руководитель
	11	Оформление и утверждение акта сдачи-приемки системы	Руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	12	Составление эксплуатационно-технической документации	Руководитель

## 2.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Таблица 3 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость									Длительность работ в рабочих днях			Длительность работ в календарных днях		
	tmin			tmax			тожд			T <sub>рi</sub>			T <sub>кi</sub>		
	1сп.1	1сп.2	1сп.3	1сп.1	1сп.2	1сп.3	1сп.1	1сп.2	1сп.3	1сп.1	1сп.2	1сп.3	1сп.1	1сп.2	1сп.3
Согласование, утверждение и принятие технического задания (Руководитель)	2	2	3	4	5	5	3	3	4	3	3	4	4	5	6
Определение логики информационной системы. (Лаборант)	3	4	3	6	7	7	4	5	5	4	5	5	6	8	7
Установление подробного плана и сроков разработки ИС (Руководитель)	5	5	5	9	9	8	7	7	6	7	7	6	10	10	9
Утверждение технического проекта (Руководитель)	1	2	1	2	3	3	1	2	2	1	2	2	2	4	3
Разработка графического интерфейса (Лаборант)	3	6	4	7	8	8	5	7	6	5	7	6	7	10	8
Программирование, отладка проекта на локальной машине (Лаборант)	23	25	25	30	35	30	26	29	27	26	29	27	38	43	40
Ограниченное развертывание ИС в сети, поиск и устранение сетевых ошибок (Лаборант)	3	4	4	5	6	7	4	5	5	4	5	5	6	7	8
Проведение комплекса внутри - и межмодульных тестов (Л+Р)	3	4	3	7	8	9	5	6	5	5	6	5	7	8	8
Доработка проекта, устранение выявленных ошибок и уязвимостей (Лаборант)	10	9	10	20	20	25	14	13	16	14	13	16	21	20	23
Полноценное развертывание ИС в сети. (Л+Р)	5	6	6	9	10	12	7	8	8	7	8	8	10	11	12
Оформление и утверждение акта сдачи-приемки системы (Руководитель)	1	2	2	2	3	4	1	2	3	1	2	3	2	4	4
Составление эксплуатационно-технической документации (Руководитель)	2	3	3	3	4	4	2	3	3	2	3	3	4	5	5

Таблица 4 - Продолжительности работ для исполнителей

	Длительность работ в рабочих днях		Длительность работ в календарных днях	
	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент
<b>Исполнение 1</b>	26	68	38	99
<b>Исполнение 2</b>	31	81	46	118
<b>Исполнение 3</b>	32	77	47	113

## Разработка графика проведения научного исследования

Таблица 5 - Календарный план-график проведения НИОКР

№	Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ кал. дн.	Продолжительность выполнения работ																			
				февр.				март				апр.				май				июнь			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Согласование и утверждение ТЗ	Р	4	■																			
2	Определение логики ИС	Л	6		■																		
3	Установление плана и сроков разработки	Р	10			■																	
4	Утверждение технического проекта	Р	2				■																
6	Изучение литературы, существующих методов решения поставленной проблемы	Л	7					■															
7	Программирование, отладка проекта на локальной машине	Л	44					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
8	Проведение комплекса тестирования	Л	6											■	■	■							
9	Ограниченное развертывание ИС в сети	Л+Р	7																				
10	Устранение выявленных ошибок и уязвимостей	Л	21																				
11	Полноценное развертывание ИС в сети	Л+Р	10																		■	■	
12	Оформление и утверждение акта сдачи-приемки системы	Р	2																		■	■	
13	Оформление отчета по НИР	Л	4																			■	
	■ -лаборант																					■ -руков-ль	

## 2.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

### 2.3.1. Расчет материальных затрат НТИ

Для выполнения работы был приобретен персональный компьютер. В данном случае величина материальных расходов не зависит от исполнения.

Материальные затраты представлены в таблице 8:

Таблица 6 - Расчет материальных затрат

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Электроэнергия	кВт	112,7	3,10	349,37
<b>Итого</b>				<b>349,37</b>

Общая стоимость материальных затрат данного проекта составила 349,37 рублей.

### 2.3.2. Расчет амортизационных отчислений

Таблица 6 - Величина амортизационных отчислений

Наименование	Количество			Средств., руб.			Т п.и.	На, %	А в мес., руб.			А за период, руб.		
	шт.	м	д	сп.1	сп.2	сп.3			сп.1	сп.2	сп.3	сп.1	сп.2	сп.3
Компьютер	2	2	2	82600	85000	83998	730	0,137	113,15	116,44	115,07	452,60	465,75	460,26
<b>Всего</b>												<b>452,60</b>	<b>465,75</b>	<b>460,26</b>

### 2.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы

Таблица 7 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З <sub>тс</sub> , руб.	к <sub>р</sub>	З <sub>м</sub> , руб	З <sub>дн</sub> , руб.	Т <sub>р</sub> , раб. дн.	З <sub>осн</sub> , руб.
Руководитель	23264	1,3	30243,2	1143,74	19,4	22188,61
Студент	1750	1,3	2275	86,0	62,8	5400,8
<b>Итого</b>						<b>27588,61</b>

### 2.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчеты дополнительной заработной платы представлены в таблице 9:

Таблица 9 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	З <sub>осн</sub> , руб	к <sub>доп</sub>	З <sub>доп</sub> , руб
Руководитель	28215,44	0,15	4232,316
<b>Итого</b>			4232,316

Общая сумма дополнительной заработной платы участников проекта составила 4232,316 рублей.

### 2.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников. Расчеты отчислений представлены в таблице 11.

Таблица 8 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Полная заработная плата, руб.
Руководитель	22188,61	22188,61
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
<b>Итого</b>	<b>6013,11</b>	

### 2.3.6. Накладные расходы

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

Величину коэффициента накладных расходов будем брать в размере 16%.

$$Z_{\text{накл}} = (349,37 + 27588,61 + 4232,316 + 6013,11) * 0,16 = 6109,34$$

### 2.3.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 12.

Таблица 9 – Общий бюджет научно-исследовательского проекта

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные расходы	349,37	Пункт 5.1
2. Основная ЗП	27588,61	Пункт 5.2
3. Дополнительная ЗП	4232,32	Пункт 5.3
4. Отчисления	6013,11	Пункт 5.4
5. Накладные расходы	6109,34	16% от суммы ст. 1-4
6. Бюджет затрат НИИ	50306,09	Сумма ст. 1- 5

Общая сумма бюджета затрат проекта составила 50306,09 рублей.

### 3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат научного исследования (см. табл. 10). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}} = \frac{\Phi_p}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (8.2)$$

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

$\Phi_p$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

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

Максимальная стоимость составляет 60000 рублей, следовательно:

$$I_{\text{финр}} = \frac{50306,09}{60000} = 0,84$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки составила 0,84, что отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах.

Интегральный показатель ресурсоэффективности исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_p = \sum a * b, \quad (8.3)$$

где  $I_p$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a$  – весовой коэффициент;

$b$  – бальная оценка, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 11:

Таблица 10 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Объект исследования	Весовой коэффициент	Оценка выполнения
----------	---------------------	---------------------	-------------------

	параметра	
1. Улучшение производительности труда заказчика	0,3	5
2. Функциональная мощность	0,20	5
3. Удобство в эксплуатации	0,15	4
4. Потребность в ресурсах памяти	0,20	5
5. Надежность	0,15	4
ИТОГО	1	

$$I_p = 5*0,3+5*0,20+4*0,15+5*0,2+4*0,15 = 1,5+1+0,6+1+0,6=4,7;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки (  $I_{исп}$  ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп} = \frac{I_p}{I_{финр}} \quad (8.4)$$

$$I_{исп} = \frac{4,7}{0,84} = 5,6$$

Полученное значение интегрального показателя эффективности исполнения разработки превысил максимальный балл в системе оценивания. Это говорит о том, что результат работы можно считать положительным, так как оценка интегрального показателя ресурсоэффективности близка к максимальной.

#### 4. **Общий вывод по разделу**

В целом данные, полученные при анализе оценочной карты Quad, позволяют сделать вывод, что разработка ИС является перспективной и привлекательной для инвесторов.

Общий бюджет НТИ составил 50306,09 рублей. Он включает в себя затраты на основную и дополнительную заработную плату работников,

материальные затраты, отчисления на внебюджетные фонды и накладные расходы.

## **6. Социальная ответственность**

### **Аннотация**

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

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

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

### **Введение**

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места исследователя в процессе написания ВКР в соответствии с нормами производственной санитарии, техники безопасности и охраны труда и окружающей среды. Рабочим местом является 105 аудитория Кибернетического Центра ТПУ, рабочей зоной является компьютерный стол.

Научно-исследовательская работа представляет собой проведение вычислительного эксперимента по подбору гиперпараметров архитектур нейронных сетей. Данный алгоритм следует отнести к отрасли математического моделирования. Данная работа предполагает большой объем

работы с ПК, поэтому важным критерием безопасности является организация рабочего места и режима трудовой деятельности.

### 6.1. Производственная безопасность

В таблице 6.1 представлены основные виды работ, которые могут привести к возникновению опасных и вредных факторов.

Таблица 6.1 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы рабочего места разработчика

Наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003 - 74) [13]		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Работа за персональным компьютером в офисном помещении	1) Недостаточная освещенность рабочей зоны; 2) отсутствие или недостаток естественного света; 3) повышенный уровень шума; 4) повышенный уровень электромагнитных излучений; 5) повышенная напряжённость электрического поля; 6) повышенная или пониженная влажность воздуха;	- Опасность поражения электрическим током; - пожароопасность.	1) Шум. Общие требования безопасности устанавливаются ГОСТ 12.1.003–83 ССБТ [2]. 2) Показатели микроклимата устанавливаются СанПиН 2.2.2.548-96 [3]. 3) Нормы освещения устанавливаются СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 [4]. 4) Допустимые уровни напряженности электростатических полей устанавливается ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ [5]. 5) ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования [7]. 6) Электробезопасность устанавливается по ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ [6].

## 6.2. Уровень электромагнитного излучения; напряжённость электрического поля

Источником электромагнитного поля и электромагнитных излучений на рабочем месте является компьютер, в частности, экран монитора компьютера. Электромагнитное поле, создаваемое ПК, имеет сложный спектральный состав в диапазоне частот от 0 Гц до 1000 МГц, и в том числе мощность экспозиционной дозы мягкого рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана при любых положениях ПК не должна превышать 100 мкР/час [16].

Время работы на ПК по санитарным нормам не должно превышать четыре часа.

Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений от монитора компьютера представлены в таблице 6.2.

Таблица 6.3 – Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений по СанПИН 2.2.2.542-96 [17].

Наименование параметра	Допустимые значения
Напряженность электрической составляющей электромагнитного поля на расстоянии 50см от поверхности видеомонитора	10 В/м
Напряженность магнитной составляющей электромагнитного поля на расстоянии 50см от поверхности видеомонитора	0,3 А/м
Напряженность электростатического поля не должна превышать: – для взрослых пользователей – для детей дошкольных учреждений и учащихся средних специальных и высших учебных заведений	20 кВ/м 15 кВ/м

Предельно-допустимые нормы ЭМП представлены в таблице 6.6.

Таблица 6.4 – Предельно допустимые нормы ЭМП ПО ГОСТ 12.1.045–84 [17]

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Для соблюдения нормативов следует руководствоваться следующими правилами:

- Выбирайте монитор с жидкокристаллическим экраном. Излучение таких мониторов гораздо менее интенсивное, нежели у мониторов с электроннолучевой трубкой;
- По возможности постарайтесь расположить монитор в углу помещения. Таким образом, стены будут поглощать электромагнитное излучение, испускаемые боковыми и задними стенками;
- Выключать монитор, даже если на короткое время отходите от рабочего места;
- Монитор должен стоять на расстоянии вытянутой руки от вашего кресла.
- По возможности системный блок лучше расположить как можно дальше от вас;
- Выключайте компьютер, если вы больше не собираетесь им пользоваться;
- По возможности сокращайте время, проводимое за компьютером.

Так как профессиональная деятельность программиста проходит перед экраном монитора необходимо чаще прерывать работу. Для этого достаточно просто пройтись. Помимо опасности от электромагнитных волн излучение от монитора может нести опасности возникновения ряда глазных заболеваний, таких как близорукость или сухость глаз.

### **6.3. Недостаточная освещённость рабочей зоны и рабочего места**

Естественное освещение создается прямыми солнечными лучами или рассеянным светом небосвода. Такое освещение следует предусматривать для всех складских, производственных, санитарно-бытовых, жилых и административных помещений. Спектр естественного освещения является наиболее благоприятным для человеческого глаза. Ультрафиолетовое излучение, входящее в состав спектра солнечного света, имеет огромное значение для здоровья человека, но тем не менее оно практически полностью задерживается при прохождении сквозь стекло, и не проникает внутрь помещений.

Для искусственного освещения помещений используются лампы накаливания и газоразрядные лампы. Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь естественное освещение, соответствующее требованиям СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Но помимо естественного освещения, офис должен обладать системой общего освещения. Системы комбинированного освещения рекомендуется применять в помещениях общественных зданий, где выполняется напряженная зрительная работа. В таблице 2 представлены нормы освещенности.

Работа за персональным компьютером (ПК) относится к зрительным работам высокой точности для любого типа помещений [16]. Столбцы таблицы 2 содержат следующие сведения:

- 1 – характеристика зрительных работ;
- 2 – наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм;
- 3 – разряд зрительной работы;
- 4 – подразряд зрительной работы;
- 5 – относительная продолжительность зрительной работы, %;
- 6 – освещенность на рабочей поверхности от системы общего искусственного освещения, лк;
- 7 – цилиндрическая освещенность, лк;
- 8 – показатель дискомфорта;

9 – коэффициент пульсации освещенности, %;

10 – КЕО при верхнем освещении, %;

11 – КЕО при боковом освещении, %.

Таблица 6.5 – Нормирование освещённости для работы за ПК по СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 [21]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Высокой точности	От 0,3	Б	1	Более 70	300	100	40	15	3,0	1,0
	От 0,5		2	Менее 70	200	75	60	20	2,5	0,7

Искусственное освещение в помещениях эксплуатации компьютеров должно осуществляться системой общего равномерного освещения.

Искусственное освещение выполняется посредством электрических источников света двух видов: ламп накаливания и люминесцентных ламп.

Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК, представлены в таблице 6.3.

Таблица 6.6 – Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК по СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 [16]

<b>Освещенность на рабочем столе</b>	300-500 лк
<b>Освещенность на экране ПК</b>	не выше 300 лк
<b>Блики на экране</b>	не выше 40 кд/м <sup>2</sup>
<b>Прямая блесккость источника света</b>	200 кд/м <sup>2</sup>
<b>Показатель ослеплённости</b>	не более 20
<b>Показатель дискомфорта</b>	не более 15
<b>Отношение яркости:</b>	
– между рабочими поверхностями	3:1–5:1
– между поверхностями стен и оборудования	10:1
<b>Коэффициент пульсации:</b>	не более 5 %

Рассмотрим офисное помещение, в котором производились работы, с размерами: длина  $A = 5$  м, ширина  $B = 7$  м, высота  $H = 4$  м. Всего имеется шесть светильников, по четыре лампы в каждом. Фактическая освещённость рассчитывается по следующей формуле:

$$E_{\phi} = \frac{N \cdot n \cdot \Phi_{cm} \cdot y}{S \cdot K \cdot z} , \quad (6.1)$$

где  $N$  – число светильников, шт;  $n$  – число ламп в светильнике, шт;  $\Phi_{cm}$  – световой поток люминесцентной лампы, лм (при мощности 11 Вт – 750 лм);  $y$  – коэффициент использования светового потока (для исследуемого помещения – 0.8);  $S$  – площадь помещения, ;  $k$  – коэффициент запаса (помещения с малым выделением пыли – 1,5);  $z$  – коэффициент неравномерного освещения (для люминесцентных ламп – 1,1).

Получаем

$$E_{\phi} = 249 \text{ лк} .$$

Отличие от нормированного уровня

$$\Delta E = \frac{E_{\phi} - E_{норм}}{E_{норм}} \cdot 100. \quad (6.2)$$

В результате получаем  $-10 \% \leq 17 \% \leq +20 \%$ . Полученное значение попадает в необходимый интервал, значит, нормы освещённости в рабочем помещении соблюдаются.

#### 6.4. Микроклимат

Влажность напрямую связана с микроклиматом, поэтому, при рассмотрении данного раздела, воспользуемся СанПиН 2.2.2.548-96 для определения оптимальных значений в зависимости от периода года и интенсивности энергозатрат.

Таблица 6.7 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений по СанПиН 2.2.2.548-96 [15]

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
Теплый	Ia (до 139)	23 - 25	22 - 26	60 - 40	0,1

Таблица 6.8 – Допустимые величины показателей микроклимата по СанПиН 2.2.2.548-96 [15]

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более**
Холодный	Ia (до 139)	20,0-21,9	24,1-25,0	19,0-26,0	15-75*	0,1	0,1
Теплый	Ia (до 139)	21,0-22,9	25,1-28,0	20,0-29,0	15-75*	0,1	0,2

## 6.5. Шум

При выполнении работ, описанных выше, специалист может оказаться под шумовым воздействием со стороны оборудования, находящегося в рабочем помещении: ПК, печатающие устройства, оборудование поддержки микроклимата (кондиционеры, вентиляция) и пр.

Работы, выполняемые специалистом, оцениваются как научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, следовательно, согласно СН2.2.4/2.1.8.562-96 эквивалентный уровень шума в рабочем помещении не должен превышать 50 дБА.

Таблица 6.9 – Эквивалентные уровни звука для проектно-конструкторских бюро, лабораторий для теоретических работ ПО ГОСТ 12.1.003–83 [14]

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Эквивалентные уровни шума, дБА
Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность. Рабочие места в помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приема больных в здравпунктах	50

Наиболее эффективная защита от производственного шума создается с помощью специальных архитектурно-строительных решений на этапе проектирования здания, планировки офиса и рабочих мест в нём.

В качестве дополнительных мер по защите от шума можно применять различные звукоизолирующие кожухи, акустические экраны, звукопоглощающие отделочные материалы. На рисунке 6.1 показан пример использования акустических экранов в вычислительных центрах.

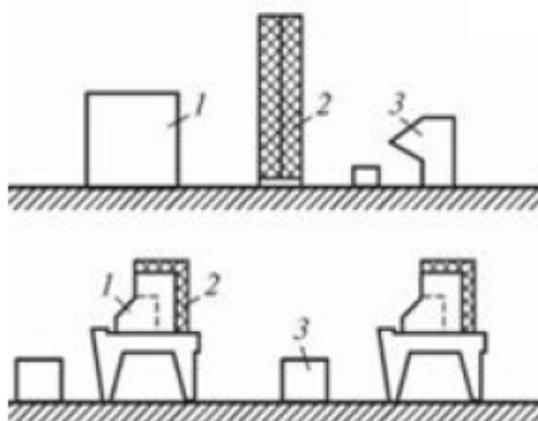


Рисунок 6.1 – Пример защиты от производственного шума в вычислительных центрах (1 – шумное оборудование, 2 – защитный экран, 3 – рабочее место)

## **6.6. Электробезопасность**

Помещение, в котором производились работы, относится к первому классу помещений - помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность по ПУЭ (6-е изд.) разд. 1.1.13.

На рабочем месте располагаются два монитора, клавиатура, мышь и системный блок. Токи статического электричества, на корпусах мониторов, системного блока, мыши и клавиатуры, могут привести к возникновению разрядов при прикосновении к данным элементам. Такие разряды опасности особой для человека не представляют. Но при возникновении заряда с довольно большим электрическим потенциалом порождает электрическое поле с повышенной напряженностью, которое может нанести вред человеку. При продолжительном пребывании человека в таком поле наблюдаются изменения в центральной нервной, сердечно-сосудистой системах. Также избыточный электрический заряд может способствовать к выходу компьютера из строя. Для уменьшения величин токов статического электричества используют нейтрализаторы, увлажнители воздуха.

Перед началом работы следует убедиться в отсутствии свешивающихся со стола или висящих под столом проводов электропитания, в целостности вилки и провода электропитания, в отсутствии видимых повреждений аппаратуры и рабочей мебели, в отсутствии повреждений и наличии заземления приэкранного фильтра [18].

Методы защиты от воздействия статического электричества:

- влажная уборка, чтобы уменьшить количество пылинок в воздухе и на предметах офиса;

- использование увлажнителей воздуха;
- защитное заземление;
- применение средств индивидуальной защиты, таких как антистатические спреи и браслеты.

Допустимый ток частотой 50 Гц при длительности воздействия более 10 секунд составляет 2 мА, а при длительности 10 секунд и менее – 6 мА. Для переменного тока эта величина соответственно равна 10 и 15 мА.

Методы защиты от опасности поражения электрическим током:

- электрическая изоляция токоведущих частей (сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм);
- ограждение токоведущих частей, которые работают под напряжением;
- использование малых напряжений, например, не более 50 В;
- электрическое разделение сетей на отдельные короткие участки;
- защитное заземление и зануление;
- применение средств индивидуальной защиты, таких как плакаты и знаки безопасности, изолирующие подставки, указатели напряжения.

### **6.7. Экологическая безопасность**

Меры обращения с отходами [22] предусматривают под собой утилизацию электронной техники: компьютеров принтеров и т.д. Утилизация такого оборудования является достаточно сложной, так как такие отходы 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.

Люминесцентные лампы представляют собой «чрезвычайно опасные» виды отходов [23]. Содержание ртути в любых люминесцентных лампах составляет от трех до пяти миллиграмм ртути. С учетом этого необходимо обеспечивать определенные условия хранения, их эксплуатации и утилизации. Согласно санитарным нормам хранить ртутьсодержащие отходы

необходимо в специальных герметичных контейнерах, доступ посторонним лицам к таким контейнерам должен быть запрещен. Транспортировка ламп на полигоны складирования должна выполняться организациями, которые специализируются на утилизации опасных отходов. Категорически запрещено размещение таких отходов, как люминесцентные лампы на полигонах твердых бытовых отходов.

### **6.8. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Пожарная безопасность**

Компьютерный класс по пожарной безопасности относится к категории В, в нём находятся горючие материалы и вещества в холодном состоянии [20]. По степени огнестойкости данное помещение относится к 3-й степени огнестойкости [19]. Возможные причины пожара: перегрузка в электросети, короткое замыкание, разрушение изоляции проводников.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения:

- огнетушащие вещества (вода, песок, земля);
- огнетушащие материалы (грубошёрстные куски материи – кошмы, асбестовые полотна, металлические сетки с малыми ячейками ит. п.);
- немеханизированный ручной пожарный инструмент (багры, крюки, ломы, лопаты и т.п.);
- пожарный инвентарь (бочки и чаны с водой, пожарные ведра, ящики и песочницы с песком);
- пожарные краны на внутреннем водопроводе противопожарного водоснабжения в сборе с пожарным стволом и пожарным рукавом;
- огнетушители [19].

Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно: наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации

(рисунок 2), порошковых огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу.

Углекислотные огнетушители ОУ-3, ОУ-5 предназначены для тушения загораний веществ, горение которых не может происходить без доступа воздуха, загораний электроустановок, находящихся под напряжением не более 1000 В, жидких и газообразных веществ (класс В, С).

Огнетушители не предназначены для тушения загорания веществ, горение которых может происходить без доступа воздуха (алюминий, магний и их сплавы, натрий, калий), такими огнетушителями нельзя тушить дерево.



Рисунок 1 План эвакуации людей при пожаре и других ЧС (первый этаж)

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в

коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей [19].

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

### **6.9.1 Организационные мероприятия обеспечения безопасности**

Предъявляемые требования к расположению и компоновке рабочего места: «Высота рабочей поверхности стола для взрослых пользователей должна регулироваться в пределах (680 ÷ 800) мм, при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности стола должна составлять 725 мм» [21].

Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм [21].

Конструкция рабочего стула должна обеспечивать:

- ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм;
- поверхность сиденья с закругленным передним краем;
- регулировку высоты поверхности сиденья в пределах (400 ÷ 550) мм и углам наклона вперед до 15 град, и назад до 5 град.;
- высоту опорной поверхности спинки (300±20) мм, ширину – не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости –400 мм;
- угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах ±30 градусов;
- регулировку расстояния спинки от переднего края сиденья в пределах (260 ÷ 400) мм;
- стационарные или съемные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной –(50 ÷ 70) мм;
- регулировку подлокотников по высоте над сиденьем в пределах(230±30) мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах (350 ÷ 500) мм [21].

Рабочее место пользователя ПК следует оборудовать подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20°. Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм [21].

### **6.9.2 Особенности законодательного регулирования проектных решений**

Согласно СанПиН 2.2.2.548-96 [15] при восьмичасовой рабочей смене на ВДТ и ПЭВМ перерывы в работе должны составлять от 10 до 20 минут каждые два часа работы [15]. В перерывах, согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [21], рекомендуется проводить комплекс упражнений для глаз.

## **Заключение**

В ходе работы произведено исследование влияния гиперпараметров на точность распознавания рукописных символов, а именно:

- Проведен обзор известных методов решения задачи;
- Разработана программа на языке Python с использованием библиотеки нейросетевых моделей Keras;
- Проведен сравнительный анализ точности распознавания архитектур с использованием базы данных MNIST рукописных символов;
- Проанализированы недостатки и преимущества архитектур.

## Список литературы

1. Bergstra J. Algorithms of hyper-parameter optimization [Журнал]. - [б.м.] : Journal of Machine Learning Research, 2012 г.. - 9 декабря.
2. Bridle J. S. Probabilistic interpretation of feedforward classification network outputs with relationships to statistical pattern recognition [Журнал]. - [б.м.] : Springer-Verlag, 1989 г..
3. Fei-Fei Li и Karpathy A CS231n: Convolutional Neural Networks for Visual Recognition [В Интернете] // <http://www.github.io/>. - Stanford University, 2012 г.. - 19 04 2017 г.. - <http://cs231n.github.io/>.
4. Krizhevsky, A; Sutskever, I; Hinton, J; NIPS [Конференция] // ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. - 2012.
5. Lecun Y и Bengio Y Convolutional Neural Networks for Images, Speech, and Time-Series [Статья] // The Handbook of Brain Theory and Neural Networks. - Boston : MIT Press, 1995 г..
6. lecun Y, Kavukvuoglu K и Farabet C Proc. International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS'10), IEEE [Конференция] // Convolutional Networks and Applications in Vision. - 2010.
7. Lecun Y. Comparison of learning algo [Отчет]. - New Jersey : Bell laboratories, 1995.
8. Matan O. Handwritten character recognition using neural network architectures [Отчет]. - Holmdel : AT&T Bell Laboratories, 1990.
9. Местецкий Л. М. Курс лекций "Математические методы распознавания образов" [Книга]. - Москва : [б.н.], 2002-2004.
10. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание [Книга]. - Москва : Издательский дом "Вильямс", 2006. - стр. 1104.

11. Панин В.Ф., Сечин А.И., Федосова В.Д. Экология для инженера // под ред. проф. В.Ф. Панина. – М.: Изд. Дом «Ноосфера», 2000. – 284 с.
12. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда: учебное пособие для вузов / П. П. Кукин [и др.]. — 5-е изд., стер. — Москва: Высшая школа, 2009. — 335 с.
13. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для бакалавров / С. В. Белов. — 4-е изд. — Москва: Юрайт, 2013.
14. Мак-Каллок У. С., Питтс В. Логическое исчисление идей, относящихся к нервной активности // Автоматы / Под ред. К. Э. Шеннона и Дж. Маккарти. — М.: Изд-во иностр. лит., 1956. — С. 363—384. (Перевод английской статьи 1943 г.)

**Таблицы расчетов**

Таблица 1 - Сверточная сеть с одним сверточным слоем

Размер ядра	2-2				
	Количество фильтров				
№ цикла	4	8	16	32	64
1	11.72	10.17	9.71	9.48	6.77
2	11.01	10.530	8.4599	8.66	7.33
3	12.75	10.190	10.24	8.4	9.6299
4	11.88	10.0	8.38	8.61	15.45
5	10.299	10.16	8.9599	7.28	7.28
<b>Число параметров</b>					
Размер ядра	3-3				
	Количество фильтров				
№ цикла	4	8	16	32	64
1	10.8799	9.02	7.9399	7.4899	7.16
2	10.6	7.340	8.2199	7.6899	6.15
3	10.299	7.7399	8.0	7.66	6.17
4	9.09	10.8	8.74	7.489	7.430
5	11.28	8.28	8.21	6.310	6.92
Размер ядра	4-4				
	Количество фильтров				
№ цикла	4	8	16	32	64
1	11.21	7.960	7.380	15.110	19.350
2	10.8799	7.630	7.57	15.76	18.760
3	9.22	9.21	7.51	7.6499	17.950
4	10.16	8.48	8.55	6.21	16.32
5	10.07	8.41	7.5	14.63	15.63

Таблица 2 - Сверточные сети с двумя сверточными слоями

Размер ядра	2-2			
	Количество фильтров в сверточных слоях			
4-4	4-8	4-16	4-32	4-64
14.92	13.98	11.90	10.88	9.06
13.62	13.25	11.91	11.79	8.98
11.55	12.69	12.09	10.83	10.05

16.91	12.43	10.72	10.23	11.94
Количество фильтров в сверточных слоях				
<b>8-4</b>	<b>8-8</b>	<b>8-16</b>	<b>8-32</b>	<b>8-64</b>
16.92	13.320	9.88	18.27	8.95
12.93	12.19	11.68	10.13	9.5
15.41	12.85	10.77	9.75	8.96
15.61	11.27	11.15	13.98	9.53
Количество фильтров в сверточных слоях				
<b>16-4</b>	<b>16-8</b>	<b>16-16</b>	<b>16-32</b>	<b>16-64</b>
10.190	10.14	8.790	6.98	6.950
9.8	8.07	8.59	6.72	5.54
10.01	8.59	7.35	6.92	6.52
10.79	9.22	8.43	7.76	6.19
Размер ядра	3-3			
Количество фильтров в сверточных слоях				
<b>4-4</b>	<b>4-8</b>	<b>4-16</b>	<b>4-32</b>	<b>4-64</b>
14.91	12.43	11.05		7.14
13.24	11.56	10.2		8.29
12.09	11.79	11.3		8.06
14.47	10.15	12.49		9.07
Количество фильтров в сверточных слоях				
<b>8-4</b>	<b>8-8</b>	<b>8-16</b>	<b>8-32</b>	<b>8-64</b>
11.81	8.14	8.31	6.29	6.75
11.81	7.960	6.58	6.79	6.78
11.82	17.85	7.25	8.59	6.72
12.35	7.62	7.7	6.97	6.7
Количество фильтров в сверточных слоях				
<b>16-4</b>	<b>16-8</b>	<b>16-16</b>	<b>16-32</b>	<b>16-64</b>
9.09	7.23	7.3	15.21	14.6
9.11	8.28	6.05	24.740	13.78
10.15	7.520	50.970	6.94	23.69
9.9599	7.33	7.580	6.02	4.62

Размер ядра	4-4			
Количество фильтров в сверточных слоях				
<b>4-4</b>	<b>4-8</b>	<b>4-16</b>	<b>4-32</b>	<b>4-64</b>
10.86	10.08	9.91	7.98	7.43
13.91	10.24	7.83	8.47	7.97
11.91	10.2	9.610	8.99	15.84
14.35	10.91	16.88	17.46	7.8
Количество фильтров в сверточных слоях				

<b>8-4</b>	<b>8-8</b>	<b>8-16</b>	<b>8-32</b>	<b>8-64</b>
10.61	8.47	8.23	10.9	15.06
10.65	8.31	8.12	7.81	22.98
12.06	9.38	8.56	8.68	6.72
10.17	9.73	7.78	8.12	6.47
Количество фильтров в сверточных слоях				
<b>16-4</b>	<b>16-8</b>	<b>16-16</b>	<b>16-32</b>	<b>16-64</b>
10.92	9.9599	17.14	6.94	7.69
10.85	8.57	9.98	4.15	8.23
8.63	9.70	10.78	3.30	9.41
10.01	7.89	7.83	5.56	10.05

Размер ядра	5-5			
Количество фильтров в сверточных слоях				
<b>4-4</b>	<b>4-8</b>	<b>4-16</b>	<b>4-32</b>	<b>4-64</b>
10.84	9.39	8.08	24.72	18.35
11.46	9.57	7.96	15.27	20.67
12.05	11.29	9.21	9.09	22.51
12.74	8.85	11.19	9.82	16.89
Количество фильтров в сверточных слоях				
<b>8-4</b>	<b>8-8</b>	<b>8-16</b>	<b>8-32</b>	
10.58	9.70	24.03	8.18	
12.29	10.64	12.57	20.12	
11.60	10.06	9.33	51.54	
12.58	7.98	8.68	6.21	
Количество фильтров в сверточных слоях				
<b>16-4</b>	<b>16-8</b>	<b>16-16</b>	<b>16-32</b>	
9.63	8.44	6.7	23.49	
17.81	8.27	14.6	24.08	
14.83	24.76	31.92	14.72	
13.63	16.84	34.05	23.14	

Таблица 3 – многослойный персептрон

Нейроны в первом слое	Нейроны во втором слое	Число параметров	Процент распознавания
50	50	42310	45.41
			48.53
			49.22

			47.19
50	100	45360	41.53
			43.45
			42.98
			41.89
50	200	51460	37.32
			37.95
			38.12
			38.69
50	400	63660	29.37
			30.68
			29.49
			31.31
50	800	88060	23.10
			24.39
			23.75
			23.97
100	50	84060	35.46
			37.45
			35.67
			38.19
100	200	189510	10.8
			11.21
			12.89
			11.75
100	400	122910	15.81
			15.85
			16.62
			17.29
100	800	167310	12.45
			13.32
			13.62
			14.18
200	50	167560	34.66
			35.58
			34.79
			36.05
200	100	178110	20.52
			21.69
			20.79
			22.13
200	200	199210	21.04
			22.12

			21.35
			21.63
200	400	241410	20.12
			21.52
			20.78
			20.23
200	800	325810	26.02
			26.55
			27.21
			26.78
400	50	334560	27.43
			28.22
			27.69
			29.08
400	100	355110	14.41
			14.88
			16.32
			15.65
400	200	396210	9.76
			10.33
			10.66
			11.21
400	400	478410	27.29
			27.33
			29.28
			28.59
400	800	642810	15.62
			16.63
			15.84
			17.01
800	50	668560	20.12
			20.68
			21.71
			21.42
800	100	709110	9.54
			11.12
			10.35
			12.10
800	200	790210	8.31
			8.96
			8.65
			9.47
800	400	952410	33.83

			35.19
			34.72
			34.08
			15.21
			16.35
			16.72
800	800	1276810	15.81

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Листинг программы на python

“program.py”:

```
# coding: utf-8
```

```
import keras
```

```
from load_mnist import load_mnist
```

```
import model as md
```

```
import os
```

```
import numpy as np
```

```
def save_result(fname,model_name,result):
```

```
    f = open(fname,'a')
```

```
    f.write("Model {0}:\n{1}".format(model_name,result))
```

```
    f.close()
```

```
def train():
```

```
    input_shape=(784,1)
```

```
    batch_size = 128
```

```
    epochs = 5
```

```
    (xtrain,ytrain),(xtest,ytest) = load_mnist()
```

```

xtrain=xtrain.reshape(xtrain.shape[0],784)

xtest=xtest.reshape(xtest.shape[0],784)

xcvalid,ycvalid=xtrain[50000:,:],ytrain[50000:,:]

xtrain,ytrain=xtrain[0:49999:,:],ytrain[0:49999:,:]

model = md.create_model3()

md.save_model('model4.json',model)

model.fit(xtrain,ytrain,epochs=epochs,batch_size=batch_size,validation_data=(xcvalid,ycvalid))

model.save_weights('model4_weights.h5')

```

```
def cross_valid(create_model,mname):
```

```
    input_shape=(784,1)
```

```
    batch_size = 128
```

```
    epochs = 5
```

```
    (xtrain,ytrain),(xtest,ytest) = load_mnist()
```

```
    #xtrain=xtrain.reshape(xtrain.shape[0],784)
```

```
    #xtest=xtest.reshape(xtest.shape[0],784)
```

```
    for i in range(1,6):
```

```
        print("Итерация {}".format(i))
```

```
        model = create_model()
```

```
        model.compile(loss=keras.losses.categorical_crossentropy,
```

```
                       optimizer=keras.optimizers.Adadelta(),
```

```
                       metrics=['accuracy'])
```

```
        model.fit(xtrain,ytrain,epochs=epochs,batch_size=batch_size)
```

```
        model.save_weights('{0}-{1}_weights.h5'.format(mname,i))
```

```
        swap=(xtrain[(i-1)*10000:(i*10000-1),:,:],ytrain[(i-1)*10000:(i*10000-1)])
```

```

(xtrain[(i-1)*10000:(i*10000-1),:],ytrain[(i-1)*10000:(i*10000-
1)])=(xtest[0:9999,:],ytest[0:9999])

(xtest,ytest)=swap

print("Evaluating...")

score=model.evaluate(xtest,ytest)

y=model.predict(xtest)

losses = predict_percent(y,ytest)

result="loss - {0}, accuracy - {1}, not predicted - {2}".format(score[0],score[1],losses)

print(result)

save_result('cvalid_result.txt','{0}-{1}'.format(mname,i),result)

print("Конец итерации {}".format(i))

md.save_model('model4.json',model)

def cross_valid1(create_model,mname):

    input_shape=(784,1)

    batch_size = 128

    epochs = 5

    (xtrain,ytrain),(xtest,ytest) = load_mnist()

    xtrain=xtrain.reshape(xtrain.shape[0],784)

    xtest=xtest.reshape(xtest.shape[0],784)

    for i in range(1,6):

        print("Итерация {}".format(i))

        model = create_model()

        model.compile(loss=keras.losses.categorical_crossentropy,

                    optimizer=keras.optimizers.Adadelta(),

```

```

        metrics=['accuracy'])

    history=model.fit(xtrain,ytrain,epochs=epochs,batch_size=batch_size)

    model.save_weights('{0}-{1}_weights.h5'.format(mname,i))

    swap=(xtrain[(i-1)*10000:(i*10000-1)],ytrain[(i-1)*10000:(i*10000-1)])

    (xtrain[(i-1)*10000:(i*10000-1)],ytrain[(i-1)*10000:(i*10000-1)])=(xtest[0:9999],ytest[0:9999])

    (xtest,ytest)=swap

    print("Evaluating...")

    score=model.evaluate(xtest,ytest)

    y=model.predict(xtest)

    losses = predict_percent(y,ytest)

    result="loss - {0}, accurasy - {1}, not predicted - {2}".format(score[0],score[1],losses)

    print(result)

    save_result('cvalid_result_conv6.txt','{0}-{1}'.format(mname,i),result)

    print("Конец итерации {}".format(i))

    md.save_model('model4.json',model)

```

```
def test():
```

```

    (xtrain,ytrain),(xtest,ytest) = load_mnist()

    #xtest=xtest.reshape(xtest.shape[0],784)

    model = md.load_model('model2.json')

    model.load_weights('model2_weights.h5')

    score=model.evaluate(xtest,ytest,verbose=0)

    print("loss - {0}, accurasy - {1}".format(score[0],score[1]))

```

```
def predict_percent(y,label):
```

```

n=y.shape[0]

m=0.0

for i in range(1,y.shape[0]):

    if (np.argmax(y[i])!=np.argmax(label[i])):

        m+=1

return m

def predict():

    (xt,yt),(xt1,yt1)=load_mnist()

    xt1=xt1.reshape(xt1.shape[0],784)

    model=md.load_model('model3.json')

    #model=md.create_model4()

    model.load_weights('model3_weights.h5')

    y=model.predict(xt1)

    print(predict_percent(y,yt1))

#predict()

cross_valid(md.create_model6,"model6")

#cross_valid1(md.create_model3,"model3")

```

“model.py”:

```

import keras

from keras.models import Sequential

from keras.layers import Dense, Dropout, Flatten

from keras.layers import Conv2D, MaxPooling2D

from keras.models import model_from_json

import os

```

```

from keras.utils import plot_model

def create_model1():
    input_shape = (28,28,1)
    num_classes = 10
    model = Sequential()
    model.add(Conv2D(32, kernel_size=(3, 3),
                    activation='relu',
                    input_shape=input_shape))
    model.add(Conv2D(64, (3, 3), activation='relu'))
    model.add(MaxPooling2D(pool_size=(2, 2)))
    model.add(Dropout(0.25))
    model.add(Flatten())
    model.add(Dense(128, activation='relu'))
    model.add(Dropout(0.5))
    model.add(Dense(num_classes, activation='softmax'))
    model.compile(loss=keras.losses.categorical_crossentropy,
                  optimizer=keras.optimizers.Adadelta(),
                  metrics=['accuracy'])
    return model

def create_model2():
    input_shape = (28,28,1)
    num_classes = 10
    model = Sequential()

```

```

model.add(Conv2D(32, kernel_size=(3, 3),
                activation='relu',
                input_shape=input_shape))

model.add(Conv2D(16, (3, 3), activation='relu'))

model.add(MaxPooling2D(pool_size=(2, 2)))

model.add(Flatten())

model.add(Dense(128, activation='relu'))

model.add(Dense(num_classes, activation='softmax'))

model.compile(loss=keras.losses.categorical_crossentropy,
              optimizer=keras.optimizers.Adadelta(),
              metrics=['accuracy'])

plot_model(model,'model2.png')

return model

def create_model3():

    input_shape = (784,)

    num_classes = 10

    model = Sequential()

    model.add(Dense(100, activation='relu', input_shape=input_shape))

    model.add(Dense(400, activation='relu'))

    model.add(Dense(600, activation='relu'))

    model.add(Dense(num_classes, activation='softmax'))

    model.compile(loss=keras.losses.categorical_crossentropy,
                  optimizer=keras.optimizers.Adadelta(),
                  metrics=['accuracy'])

    plot_model(model,'model3.png')

```

```

return model

def create_model4():
    input_shape = (28,28,1)

    num_classes = 10

    model = Sequential()

    initializer = keras.initializers.RandomUniform(minval=-0.5,maxval=0.5)

    model.add(Conv2D(16, kernel_size=(3, 3),
                    activation='relu',
                    input_shape=input_shape,kernel_initializer=initializer))

    model.add(MaxPooling2D(pool_size=(2, 2)))

    model.add(Conv2D(16, (3, 3), activation='relu',kernel_initializer=initializer))

    model.add(Flatten())

    model.add(Dense(128, activation='relu',kernel_initializer=initializer))

    model.add(Dense(num_classes, activation='softmax',kernel_initializer=initializer))

    model.compile(loss=keras.losses.categorical_crossentropy,
                  optimizer=keras.optimizers.Adadelta(),
                  metrics=['accuracy'])

    plot_model(model,'model2.png')

    return model

def create_model5():
    input_shape = (28,28,1)

    num_classes = 10

    model = Sequential()

    initializer = keras.initializers.RandomUniform(minval=-0.5,maxval=0.5)

    model.add(Conv2D(16, kernel_size=(2, 2),

```

```

        activation='relu',

        input_shape=input_shape,kernel_initializer=initializer))

model.add(MaxPooling2D(pool_size=(2, 2)))

model.add(Conv2D(16, (3, 3), activation='relu',kernel_initializer=initializer))

model.add(Flatten())

model.add(Dense(128, activation='relu',kernel_initializer=initializer))

model.add(Dense(num_classes, activation='softmax',kernel_initializer=initializer))

model.compile(loss=keras.losses.categorical_crossentropy,

              optimizer=keras.optimizers.Adadelta(),

              metrics=['accuracy'])

plot_model(model,'model2.png')

return model

def create_model6():

    input_shape = (28,28,1)

    num_classes = 10

    model = Sequential()

    initializer = keras.initializers.RandomUniform(minval=-0.5,maxval=0.5)

    model.add(Conv2D(16, kernel_size=(2, 2),

                    activation='relu',

                    input_shape=input_shape,kernel_initializer=initializer))

    model.add(MaxPooling2D(pool_size=(2, 2)))

    model.add(Conv2D(16, (2, 2), activation='relu',kernel_initializer=initializer))

    model.add(Flatten())

    model.add(Dense(128, activation='relu',kernel_initializer=initializer))

    model.add(Dense(num_classes, activation='softmax',kernel_initializer=initializer))

```

```

model.compile(loss=keras.losses.categorical_crossentropy,
              optimizer=keras.optimizers.Adadelta(),
              metrics=['accuracy'])

plot_model(model,'model2.png')

return model

def save_model(fname,model):

    with open(fname,'w') as json_file:

        json_file.write(model.to_json())

    print('model saved')

def load_model(fname):

    json_file = open(fname,'r')

    loaded_model_json = json_file.read()

    json_file.close()

    model = model_from_json(loaded_model_json)

    print('model loaded')

    model.compile(loss=keras.losses.categorical_crossentropy,
                  optimizer=keras.optimizers.Adadelta(),
                  metrics=['accuracy'])

    return model

```