

Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Таскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор Дата подписания: 04.06.2025 12:51:15 Уникальный программный идентификатор (специальности) 01.04.02 "Прикладная математика и информатика" моделирование и искусственный интеллект	МИНОВЕРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	Рабочая программа дисциплины "Современные нейросетевые технологии" по направлению подготовки (специальности) 01.04.02 "Прикладная математика и информатика" направленности (профилю) Математическое моделирование и искусственный интеллект ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1
---	--	--	--------

## **Рабочая программа дисциплины (модуля)\***

**Современные нейросетевые технологии**

Направление подготовки (специальность)

01.04.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль)

Математическое моделирование и искусственный интеллект

Присваиваемая квалификация (степень)

магистр

Форма обучения

очная

Год(ы) набора 2025

\*Рабочая программа дисциплины (модуля) адаптирована для инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Челябинск 2025 г.



## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)
4. Объем дисциплины (модуля)
5. Структура и содержание дисциплины (модуля)
6. Фонд оценочных средств
  - 6.1. Перечень видов оценочных средств
  - 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации
  - 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации
  - 6.4. Критерии оценивания
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)
  - 7.1. Рекомендуемая литература
  - 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"
  - 7.3. Перечень информационных технологий
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Специальные условия освоения дисциплины обучающимися с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья



### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины: формирование у студентов теоретических и практических знаний о современных нейросетевых технологиях, основах проектирования архитектуры нейронных сетей, методах глубокого обучения.

Задачи дисциплины:

- формирование базового понятийного аппарата принципов функционирования искусственных нейронных сетей и методов их обучения;

- знакомство с современными нейросетевыми технологиями;

- изучение средств разработки и проектирования искусственных нейронных сетей;

- формирование умений и навыков решения практических задач с применением глубокого обучения.

Результаты обучения по дисциплине направлены на достижение индикаторов соответствующих компетенций:

ПК-2.1. Исследует и разрабатывает архитектуры систем искусственного интеллекта для различных предметных областей

### 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Цикл (раздел) ОПОП: Б1.В.04

#### 2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Знает: инструменты инсталляции программного и аппаратного обеспечения для задач искусственного интеллекта

Имеет практический опыт: использования программных средств для реализации алгоритмов машинного обучения и алгоритмов построения искусственных нейронных сетей

Программные средства для задач искусственного интеллекта

#### 2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Технологии искусственного интеллекта в задачах автоматизации производственных процессов

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ПК-2: Способен исследовать и разрабатывать архитектуры систем искусственного интеллекта для различных предметных областей на основе комплексов методов и инструментальных средств систем искусственного интеллекта

**Знать:**

–

**Уметь:**

Для достижения ПК 2.1: уметь проектировать и реализовывать искусственные нейронные сети

**Владеть:**

Для достижения ПК 2.1: владеть навыком применения современных инструментальных средств для проектирования и реализации искусственных нейронных сетей

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

#### 3.1 Знать:

3.1.1 принципы функционирования искусственных нейронных сетей и методов их обучения; современные нейросетевые технологии

#### 3.2 Уметь:

3.2.1 уметь использовать средства разработки и проектирования искусственных нейронных сетей

#### 3.3 Владеть:

3.3.1 решения практических задач с применением глубокого обучения



#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану : 108 в том числе : аудиторные занятия : 32 самостоятельная работа : 72,7 : контактная работа: 35,3 ИКР: 3,3	Виды контроля в семестрах:  зачеты с оценкой 2

#### 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Литература
	<b>Раздел 1. Глубокие сети</b>			
1.1	Fully-Connected Neural Networks, FCNN). Многослойный перцептрон (Multiple Layer Perceptron, MLP). Общая структура модели. Слои, функции активации и функции ошибки. Оптимизационная постановка задачи обучения многослойной нейронной сети. Метод обратного распространения ошибки (Back Propagation, BP). Стохастический градиентный спуск (Stochastic Gradient Descent, SGD). Настраиваемые параметры метода. Пример влияния параметров метода на скорость сходимости и результаты работы сети /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2
1.2	Сверточные нейронные сети. Структура модели. Возможные слои (свертка, pooling, dropout, Local Contrast Normalization, Batch Normalization и другие). Функции активации (сигмоидальные, ReLU). Функции ошибки. Оптимизационная постановка задачи обучения сверточной нейронной сети. Метод обратного распространения ошибки для сверточных нейронных сетей. Пример простейшей сверточной нейронной сети; влияние параметров метода обучения. Определение числа обучаемых параметров. Оценка объема памяти, необходимой для хранения сети. Принципы построения и оптимизации сверточных сетей /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2
1.3	Рекуррентные нейронные сети (Recurrent Neural Network, RNN) и их развитие. Общая структура модели. Полностью рекуррентная нейронная сеть. Проблемы обучения рекуррентных сетей. Развертывание рекуррентной сети во времени и адаптация метода обратного распространения ошибки. Примеры простейших сетей: сеть Эльмана, сеть Хопфилда, сеть LSTM. Пример использования рекуррентных нейронных сетей к задаче распознавания цифр. Рекурсивные нейронные сети. Двухнаправленные рекуррентные нейронные сети. Глубокие двухнаправленные рекуррентные нейронные сети. Длинные рекуррентные нейронные сети с короткой памятью /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2



Рабочая программа дисциплины "Современные нейросетевые технологии" по направлению подготовки (специальности) 01.04.02 "Прикладная математика и информатика" направленности (профилю) Математическое моделирование и искусственный интеллект ФГБОУ ВО «ЧелГУ»				стр. 5
1.4	Реализация метода обратного распространения ошибки для двухслойной полностью связанной нейронной сети /Лаб/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2
1.5	Разработка сверточной нейронной сети /Лаб/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2
1.6	Разработка рекуррентных нейронных сетей /Лаб/	2	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2
1.7	Подготовка отчета к лабораторной работе №1 /Ср/	2	12	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2
1.8	Подготовка отчета к лабораторной работе №2 /Ср/	2	12	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2
1.9	Подготовка отчета к лабораторной работе №3 /Ср/	2	12	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2
<b>Раздел 2. Тонкости обучения глубоких моделей</b>				
2.1	Оптимизация в обучении глубоких моделей. Проблемы оптимизации нейронных сетей. Основные алгоритмы. Стратегии инициализации параметров. Алгоритмы с адаптивной скоростью обучения. Стратегии оптимизации и метаалгоритмы. /Лек/	2	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2
2.2	Обзор библиотек глубокого обучения. Открытые библиотеки глубокого обучения: Библиотека JAX. Пример разработки сети, обучения и тестирования сети. Библиотека Pytorch . Библиотека TensorFlow (Python). /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2
2.3	Разработка полностью связанной нейронной сети с использованием одной из библиотек глубокого обучения для решения некоторой заданной задачи. Проведение экспериментов с разным количеством скрытых слоев и числом скрытых элементов на каждом слое. /Лаб/	2	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2
2.4	Подготовка отчета к лабораторной работе №4 /Ср/	2	12	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2
<b>Раздел 3. Обучение без учителя</b>				
3.1	Автокодировщик и стек автокодировщиков. Применение метода обратного распространения ошибки для обучения сети. Трансформеры. Развернутые нейронные сети. Ограниченная машина Больцмана. Глубокая машина Больцмана (Deep Boltzmann machine, DBM). Пример применения для начальной настройки параметров модели. Глубокая доверительная сеть . /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2
3.2	Начальная настройка весов полностью связанных и сверточных нейронных сетей /Лаб/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2



Рабочая программа дисциплины "Современные нейросетевые технологии" по направлению подготовки (специальности) 01.04.02 "Прикладная математика и информатика" направленности (профилю) Математическое моделирование и искусственный интеллект ФГБОУ ВО «ЧелГУ»				стр. 6
3.3	Подготовка отчета к лабораторной работе №5 /Ср/	2	12	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2
<b>Раздел 4. Перенос обучения глубоких нейронных сетей</b>				
4.1	Перенос обучения (transfer learning) глубоких нейронных сетей. Виды экспериментов: Полное обучение параметров всех слоев сети с произвольной начальной инициализацией; Обучение всех слоев параметров всех слоев сети с начальной инициализацией, полученной в результате обучения модели для решения исходной задачи; Обучение только последних слоев (измененных) сети с начальной инициализацией, полученной в результате обучения модели для решения исходной задачи. /Лек/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2
4.2	Применение переноса обучения для решения задачи, поставленной во второй лабораторной работе /Лаб/	2	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2
4.3	Подготовка отчета к лабораторной работе №6 /Ср/	2	12,7	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2
<b>Раздел 5. Иная контактная работа</b>				
5.1	Индивидуальные консультации, Текущий контроль /ИКР/	2	3,3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 6.1. Перечень видов оценочных средств

Лабораторные работы  
Вопросы к зачету

### 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации

Образец заданий и иных материалов для текущей аттестации приведен в приложении

### 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации

Образец заданий для промежуточной аттестации приведен в приложении

### 6.4. Критерии оценивания

В течение учебного семестра студенты за каждый вид работы получают баллы. Кроме этого, на экзамене максимально можно получить 40 баллов. Итоговая оценка складывается из суммы баллов, полученных за работу в семестре и за ответ на экзамене. Затем полученная сумма баллов переводится в оценку. При этом допускается получение студентом автоматической оценки только по результатам работы в семестре.

Набранные баллы Оценка

25 – 49	неудовлетворительно
50 – 69	удовлетворительно
70 – 90	хорошо
91 – 100	отлично

Начисляемые баллы за выполнение плановых заданий

Выполнение лабораторной работы №1 - 10  
Выполнение лабораторной работы №2 - 10  
Выполнение лабораторной работы №3 - 10  
Выполнение лабораторной работы №4 - 10  
Выполнение лабораторной работы №5 - 10  
Выполнение лабораторной работы №6 - 10



Выполнение заданий на зачете - 40

Порядок оценивания лабораторной работы

20 баллов: Программа работает правильно и корректно.

10 баллов: Алгоритм составлен верно, но программа не работает.

0 баллов: Алгоритм составлен неверно, программа не работает.

На зачете проводится собеседование по выданным вопросам. Дается 90 минут для подготовки к ответу.

40 баллов получает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные в билете для зачета и свободно отвечающий на дополнительные вопросы;

30 баллов заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий предусмотренные в билете для зачета задания, но отвечающий на дополнительные вопросы с затруднениями;

20 баллов получает студент, допустивший погрешности в ответе на зачете, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя;

10 баллов ставится студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных билетом заданий;

0 баллов ставится студенту, который не смог выполнить ни одно задание в билете.

Список вопросов к зачету приведен в приложении

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л1.1	Терлецкий А. С., Терлецкая Е. С.	Нейронные сети и искусственный интеллект: основы нейронных сетей на языке Python: учебно-методическое пособие ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=718176">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=718176</a> )	Липецк : Липецкий государственный педагогический университет им. П.П. Семенова- Тян-Шанского, 2023	ЭБС
Л1.2	Гафаров Ф.М., Гилемзянов А.Ф.	Нейронные сети в PyTorch: учебное пособие ( <a href="https://znanium.ru/catalog/document?id=453352">https://znanium.ru/catalog/document?id=453352</a> )	Казань : Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2024	ЭБС
Л1.3	Ростовцев В. С.	Искусственные нейронные сети: учебник для вузов ( <a href="https://e.lanbook.com/book/447392">https://e.lanbook.com/book/447392</a> )	Санкт-Петербург : Лань, 2025	ЭБС

#### 7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л2.1	Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А.	Глубокое обучение ( <a href="https://e.lanbook.com/book/107901">https://e.lanbook.com/book/107901</a> )	Москва : ДМК Пресс, 2018	ЭБС



	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л2.2	Барский А. Б.	Введение в нейронные сети: практическое пособие ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=233688">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=233688</a> )	Москва : Интернет- Университет Информационны х Технологий (ИНТУИТ), 2011	ЭБС
Л2.3	Сурова Н. Ю., Косов М. Е.	Искусственный интеллект: монография ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=690578">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=690578</a> )	Москва : Юнити- Дана, 2021	ЭБС

## 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	КиберЛенинка - научная электронная библиотека (журналы) <a href="http://cyberleninka.ru">http://cyberleninka.ru</a>
Э2	Единое окно доступа к информационным ресурсам [Электронный ресурс] : сайт / ФГАУ ГНИИ ИТТ «Информика». – Москва, 2005 – . – URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>

## 7.3 Перечень информационных технологий

### 7.3.1 Программное обеспечение

LMS Moodle

Python

### 7.3.2 Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (<https://elibrary.ru/defaultx.asp?>) eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 – . – URL: <https://elibrary.ru>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст : электронный.
2. Реферативная база по математике MathSciNet (<https://mathscinet.ams.org/mathscinet/>) Mathematical Reviews (MR) : реферативная база данных / American Mathematical Society. – URL: <http://www.ams.org/mathscinet/>. – Яз. рус., англ. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.
3. ВИНТИ РАН (<http://www.viniti.ru/>) Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук.– Текст : электронный.

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для реализации дисциплины используются учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, компьютерные классы для проведения лабораторных работ, а также помещения для самостоятельной работы.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью (подразумевается наличие стандартных рабочих (посадочных) мест) и техническими средствами обучения (переносное и / или стационарное мультимедийное оборудование: экран, ноутбук, проектор).

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий (мультимедийные презентации по отдельным темам, рисунки, таблицы, схемы и т.д.).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с подключением к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Учебным планом предусмотрена самостоятельная работа студентов. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- проработку теоретического материала по учебникам или конспекту лекций с обязательным разбором приведенных примеров;
- подготовку к лабораторным занятиям;
- подготовку к сдаче зачета.

При планировании времени на самостоятельную работу студентам необходимо предусмотреть регулярное повторение пройденного материала. Теоретический материал, законспектированный на лекциях, необходимо дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе.

В случае применения при изучении дисциплины электронного обучения, дистанционных образовательных технологий общение обучающихся и преподавателя осуществляется в режиме реального или отложенного времени, при этом используются возможности системы дистанционного обучения Moodle и электронная почта.



Большую часть времени обучающиеся самостоятельно работают с учебно-методическими материалами. Студенты имеют возможность консультироваться с преподавателем по всем вопросам, возникающим в ходе самостоятельной работы, посредством электронной почты, сообщений системы дистанционного обучения Moodle. Доступ обучающегося к учебным ресурсам в режиме отложенного времени, самостоятельной работы осуществляется через сеть Интернет в удобном для него месте, времени и темпе.

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья электронное обучение, дистанционные образовательные технологии предусматривают возможность приема-передачи информации в доступных для них формах. Реализация дисциплины с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий (далее – ЭО, ДОТ) осуществляется на основании «Положения о реализации основных и дополнительных образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Челябинский государственный университет», «Положения о порядке зачета обучающимся по основным профессиональным образовательным программам высшего образования в ФГБОУ ВО «ЧелГУ» результатов освоения в организациях, осуществляющих образовательную деятельность, учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практик, дополнительных образовательных программ» посредством электронной информационно-образовательной среды ФГБОУ ВО «ЧелГУ». В исключительных случаях (форс-мажор и т.п.) при реализации образовательной деятельности с применением ЭО, ДОТ могут применять компоненты, не входящие в перечень электронной информационно-образовательной среды.

Методические указания по организации самостоятельной работы студента приведены в приложении

## **10. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ОБУЧАЮЩИМИСЯ С ИНВАЛИДНОСТЬЮ И ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с использованием специальных технических средств и информационных технологий, предоставляемых Ресурсным учебно-методическим центром по обучению инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ЧелГУ по запросу обучающегося (мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями зрения и с нарушением слуха, ассистивные информационные технологии).

При необходимости для обучающихся с нарушениями зрения на рабочих местах для проведения практических или лабораторных занятий устанавливается специальное программное обеспечение (программа речевой навигации, речевые синтезаторы, экранные лупы).

В учебные аудитории обеспечивается беспрепятственный доступ для обучающихся с инвалидностью и с ограниченными возможностями здоровья. В каждой аудитории, где обучаются инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, предусматривается соответствующее количество мест для обучающихся с учетом нарушений их здоровья.

Для освоения дисциплины инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется доступ к печатным источникам, имеющимся в научной библиотеке ЧелГУ, с помощью специальных технических средств; доступ с помощью специальных технических и программных средств к электронным источникам, представленным в форме электронного документа в фонде научной библиотеки ЧелГУ или электронно-библиотечных системах.

Учебно-методические материалы для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и особенностям восприятия информации.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья освоение дисциплины может быть частично или полностью осуществлено с использованием дистанционных образовательных технологий.

При проведении промежуточной аттестации по дисциплине обучающимся с инвалидностью и с ограниченными возможностями здоровья обеспечивается по их заявлению предоставление в доступной форме в зависимости от их индивидуальных особенностей инструкции о порядке проведения промежуточной аттестации, оценочных средств и возможности ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, письменно шрифтом Брайля, с использованием услуг ассистента, устно).

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование предоставленных ЧелГУ или собственных технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями. При необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на задания, процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

## Лабораторная работа №1

### Реализация метода обратного распространения ошибки для двухслойной полностью связанной нейронной сети

**Цель:** настоящей работы состоит в том, чтобы изучить метод обратного распространения ошибки для обучения глубоких нейронных сетей на примере двухслойной полностью связанной сети (один скрытый слой).

**Задачи:**

Выполнение практической работы предполагает решение *следующих задач*:

1. Изучение общей схемы метода обратного распространения ошибки.
2. Вывод математических формул для вычисления градиентов функции ошибки по параметрам нейронной сети и формул коррекции весов.
3. Проектирование и разработка программной реализации.
4. Тестирование разработанной программной реализации.
5. Подготовка отчета, содержащего минимальный объем информации по каждому этапу выполнения работы.

В процессе выполнения лабораторной работы предполагается, что сеть ориентирована на решение задачи классификации одноканальных изображений. Типичным примером такой задачи является задача классификации рукописных цифр. Именно ее предлагается использовать в качестве тестовой задачи на примере набора данных MNIST [1].

Метод обратного распространения ошибки разрабатывается, исходя из следующих предположений:

1. На входе сети имеется  $w \times h$  нейронов, что соответствует разрешению изображения.
2. На выходе сети имеется  $k$  нейронов, что соответствует количеству классов изображений.
3. Скрытый слой содержит  $s$  нейронов.
4. В качестве функции активации на втором слое используется функция softmax.

#### **Последовательность выполнения работы :**

Работа предусматривает выполнение следующей последовательности действий:

1. Вывод математических формул для вычисления градиентов функции ошибки по параметрам нейронной сети и формул коррекции весов.
2. Подготовка пошагового описания метода обратного распространения ошибки с выводом всех математических формул для сети, описанной в разделе «Задачи». Примечание: для удобства может быть подготовлен псевдокод.
3. Проектирование и разработка программной реализации метода обратного распространения ошибки.
4. Разработка тестового приложения для классификации рукописных цифр на примере базы MNIST. Для работы с матрицами и векторами можно воспользоваться типом данных **Mat** библиотеки OpenCV [2], а для чтения изображений – функцией **imread** указанной библиотеки. Примечание: приложение должно обеспечивать обучение и тестирование сети, получая на вход пути до директорий с соответствующими выборками. Также в качестве параметров приложение должно принимать количество итераций, выполняемых в ходе обучения, и значение параметра скорости обучения.
5. Обучение сети на тренировочной выборке и тестирование на тестовой выборке набора данных MNIST. Измерение ошибки классификации и сбор результатов экспериментов при разном

наборе параметров метода в отчет по работе. Примечание: обратите внимание, что на официальной странице набора данных MNIST опубликованы результаты экспериментов на разных конфигурациях полносвязных нейронных сетей, полученные результаты должны соотноситься с опубликованными.

6. Подготовка краткого описания программной реализации, инструкции и по сборке и запуску приложения и результатам экспериментов. Примечания: приветствуется, если вместо инструкции будут разработаны скрипты для автоматической сборки и запуску.

### ***Требования к результатам выполнения работы***

Условия успешной сдачи лабораторной работы:

1. Подготовлено пошаговое описание метода обратного распространения ошибки с выводом всех математических формул для сети, описанной в разделе Задачи.
2. Разработана программная реализация метода для рассматриваемого частного случая.
3. Разработано приложение для решения задачи классификации рукописных цифр на примере базы MNIST.
4. Подготовлено краткое описание разработанного программного кода.
5. Подготовлена краткая инструкция по сборке программного кода и запуску приложения на данных базы MNIST.
6. Подготовлены результаты классификации для тестового набора данных MNIST.
7. Программная реализация, инструкция по сборке и запуску, описание метода выложены в личный репозиторий на GitHub.

### ***Литература***

1. MNIST dataset [<http://yann.lecun.com/exdb/mnist>]
2. OpenCV [<http://opencv.org>]

## Лабораторная работы №2

### Разработка полностью связанной нейронной сети

**Цель** настоящей работы состоит в том, чтобы получить базовые навыки работы с одной из библиотек глубокого обучения (Caffe, Torch, TensorFlow или MXNet на выбор студента) на примере полностью связанных нейронных сетей.

#### **Задачи**

Выполнение практической работы предполагает решение *следующих задач*:

1. Выбор библиотеки для выполнения практических работ курса.
2. Установка выбранной библиотеки на кластере.
3. Проверка корректности установки библиотеки. Разработка и запуск тестового примера сети, соответствующей логистической регрессии, для решения задачи классификации рукописных цифр набора данных MNIST (пример разобран в лекции №5).
4. Выбор практической задачи для выполнения практических работ.
5. Разработка программ/скриптов для подготовки тренировочных и тестовых данных в формате, который обрабатывается выбранной библиотекой.
6. Разработка нескольких архитектур полностью связанных нейронных сетей (варьируются количество слоев и виды функций активации на каждом слое) в формате, который принимается выбранной библиотекой.
7. Обучение разработанных глубоких моделей.
8. Тестирование обученных глубоких моделей.
9. Публикация разработанных программ/скриптов в личном репозитории на GitHub.
10. Подготовка отчета, содержащего минимальный объем информации по каждому этапу выполнения работы.

#### **Последовательность выполнения работы:**

Работа предусматривает выполнение следующей последовательности действий:

1. Выбор библиотеки глубокого обучения. На данном этапе необходимо познакомиться с возможностями существующих инструментов, предложенных в лекционных материалах, и выбрать инструмент для последующего выполнения практических работ курса.
2. Установка выбранной библиотеки на кластере. Параметры аутентификации и инструкция по работе с кластером выложена в отдельной задаче в системе [redmine](#). Также в разделе [Файлы](#) выложены примерные bash-скрипты для установки библиотек Caffe, Torch, TensorFlow и MXNet.
3. Проверка корректности установки библиотеки. На этапе проверки корректности необходимо выполнить разработку и запуск тестового примера сети, соответствующей логистической регрессии, для решения задачи классификации рукописных цифр набора данных MNIST. Пример разобран в лекционных материалах.
4. Выбор практической задачи компьютерного зрения для выполнения практических работ. Для выбора задачи и наборов данных можно обратиться к ресурсу [Kaggle](#). Примечание: при выборе задачи необходимо учитывать объем доступных тренировочных/тестовых данных.
5. Формализации постановки задачи, подготовка минимального математического описания постановки задачи.
6. Разработка программ/скриптов для подготовки тренировочных и тестовых данных в формате, который обрабатывается выбранной библиотекой. Сначала необходимо изучить исходный формат хранения данных и формат данных, в котором они должны быть переданы в библиотеку. Затем можно приступить к реализации конвертера формата данных. Рекомендуется использовать скриптовый язык Python, поскольку он предоставляет широкие возможности по работе с многомерными данными, тем не менее, выбор языка не ограничивается.
7. Разработка нескольких архитектур полностью связанных нейронных сетей (варьируются количество слоев и виды функций активации на каждом слое) в формате, который принимается выбранной библиотекой. Первоначально требуется подготовить описание архитектур сетей

(визуальные схемы с указанием размерностей карт признаков). Минимальное количество конфигураций сетей – 3. Далее необходимо разработать скрипты для описания сетей формате, доступном библиотеке.

8. Обучение разработанных глубоких моделей требует подготовки скриптов для обучения разработанных архитектур сетей.

9. Тестирование обученных глубоких моделей требует подготовки скриптов для тестирования разработанных архитектур сетей.

10. Сбор результатов тестирования разработанных архитектур сетей.

11. Публикация разработанных программ/скриптов в личном репозитории на GitHub. Требуется создать свой личный репозиторий, в котором отвести отдельные директории для публикации разработанных кодов и результатов по каждой из практических работ №2-7 (например, **lab2**, **lab3**, ... **lab7**). В каждой директории должны быть вложенные директории: **src** – для размещения разработанных кодов и библиотечных описаний архитектур сетей, **doc** – для размещения отчетных материалов.

12. Подготовка отчета, содержащего минимальный объем информации по каждому этапу выполнения работы. Типовая структура отчета для практических работ №2-7 представлена ниже. Разделы 1-5 являются общими для всех работ, поэтому могут быть описаны один раз и вынесены в README к репозиторию.

12.1. Постановка задачи. Раздел содержит краткую математическую постановку задачи.

12.2. Тренировочные и тестовые наборы данных. Раздел содержит описание использованных в работе данных: количество примеров в каждой выборке, характеристики примеров (например, минимальный/максимальный/средний размер изображений). Можно оформить в виде таблички.

12.3. Метрика качества решения задачи. В разделе необходимо описать, как оценивается качество решения выбранной задачи, привести математические формулы для вычисления метрики качества.

12.4. Исходный формат хранения данных. В разделе описывается формат хранения данных на сервере, с которого эти данные были получены.

12.5. Формат, в котором данные предоставляются на вход сети. В разделе описывается формат хранения данных, в котором они подаются на вход нейронной сети.

12.6. Разработанные программы/скрипты. Пофайловое описание содержимого директории **src**.

12.7. Тестовые конфигурации сетей. Раздел содержит визуальные схемы конфигураций построенных нейронных сетей.

12.8. Результаты экспериментов. Раздел содержит табличку, в которой каждая строка соответствует определенной конфигурации нейронной сети, а столбцы содержат следующую информацию: время обучения модели (с), качество решения задачи на тестовом множестве (в терминологии описанной метрики). Опционально в перечень столбцов можно добавить среднее время решения задачи на одном тестовом примере.

### ***Требования к результатам выполнения работы***

Условия успешной сдачи лабораторной работы:

1. Подготовлен пакет программ/скриптов для решения выбранной задачи.

2. Подготовлен отчет, содержащий необходимые разделы (описаны в п. 3).

3. Материалы выложены в личный репозиторий, доступ к которому выдан преподавателю.

# Лабораторная работы №3

## Разработка сверточной нейронной сети

**Цель** настоящей работы состоит в том, чтобы построить архитектуру сверточной нейронной сети, которая позволяет решать практическую задачу с высокими показателями качества.

### **Задачи**

Выполнение практической работы предполагает решение *следующих задач*:

1. Разработка нескольких архитектур сверточных нейронных сетей (варьируются количество слоев и виды функций активации на каждом слое) в формате, который принимается выбранной библиотекой глубокого обучения.
2. Обучение разработанных глубоких моделей.
3. Тестирование обученных глубоких моделей.
4. Публикация разработанных программ/скриптов в личном репозитории на GitHub.
5. Подготовка отчета, содержащего минимальный объем информации по каждому этапу выполнения работы.

### **Последовательность выполнения работы**

Работа предусматривает выполнение следующей последовательности действий:

1. Разработка нескольких архитектур полностью связанных нейронных сетей (варьируются количество слоев и виды функций активации на каждом слое) в формате, который принимается выбранной библиотекой. Первоначально требуется подготовить описание архитектур сетей (визуальные схемы с указанием размерностей карт признаков). Далее необходимо разработать скрипты для описания сетей формате, доступном библиотеке.
2. Обучение разработанных глубоких моделей требует подготовки скриптов для обучения разработанных архитектур сетей.
3. Тестирование обученных глубоких моделей требует подготовки скриптов для тестирования разработанных архитектур сетей.
4. Сбор результатов тестирования разработанных архитектур сетей.
5. Публикация разработанных программ/скриптов в личном репозитории на GitHub. Структура репозитория описана в предыдущей практической работе.
6. Подготовка отчета, содержащего минимальный объем информации по каждому этапу выполнения работы. Типовая структура отчета описана в предыдущей практической работе.
  - 6.1. Разработанные программы/скрипты. Пофайловое описание содержимого директории **src**.
  - 6.2. Тестовые конфигурации сетей. Раздел содержит визуальные схемы конфигураций построенных нейронных сетей.
  - 6.3. Результаты экспериментов. Раздел содержит таблицу, в которой каждая строка соответствует определенной конфигурации нейронной сети, а столбцы содержат следующую информацию: время обучения модели (с), качество решения задачи на тестовом множестве (в терминологии описанной метрики). Опционально в перечень столбцов можно добавить среднее время решения задачи на одном тестовом примере.

### **Требования к результатам выполнения работы**

Условия успешной сдачи лабораторной работы:

1. Подготовлен пакет программ/скриптов для решения выбранной задачи.
2. Подготовлен отчет, содержащий необходимые разделы (описаны в п. 3).
3. Материалы выложены в личный репозиторий, доступ к которому выдан преподавателю.

## Лабораторная работы №4

### Разработка рекуррентных нейронных сетей

**Цель** настоящей работы состоит в том, чтобы построить архитектур рекуррентных нейронных сетей, которые позволяют решить практическую задачу с высокими показателями качества.

#### **Задачи**

Выполнение практической работы предполагает решение *следующих задач*:

1. Разработка нескольких архитектур рекуррентных нейронных сетей.
2. Обучение разработанных глубоких моделей.
3. Тестирование обученных глубоких моделей.
4. Публикация разработанных программ/скриптов в личном репозитории на GitHub.
5. Подготовка отчета, содержащего минимальный объем информации по каждому этапу выполнения работы.

#### **Последовательность выполнения работы**

Работа предусматривает выполнение следующей последовательности действий:

1. Разработка нескольких архитектур полностью связанных нейронных сетей (варьируются количество слоев и виды функций активации на каждом слое) в формате, который принимается выбранной библиотекой. Первоначально требуется подготовить описание архитектур сетей (визуальные схемы с указанием размерностей карт признаков). Далее необходимо разработать скрипты для описания сетей формате, доступном библиотеке.
2. Обучение разработанных глубоких моделей требует подготовки скриптов для обучения разработанных архитектур сетей.
3. Тестирование обученных глубоких моделей требует подготовки скриптов для тестирования разработанных архитектур сетей.
4. Сбор результатов тестирования разработанных архитектур сетей.
5. Публикация разработанных программ/скриптов в личном репозитории на GitHub. Структура репозитория описана в предыдущей практической работе.
6. Подготовка отчета, содержащего минимальный объем информации по каждому этапу выполнения работы. Типовая структура отчета описана в предыдущей практической работе.
  - 6.1. Разработанные программы/скрипты. Пофайловое описание содержимого директории **src**.
  - 6.2. Тестовые конфигурации сетей. Раздел содержит визуальные схемы конфигураций построенных нейронных сетей.
  - 6.3. Результаты экспериментов. Раздел содержит табличку, в которой каждая строка соответствует определенной конфигурации нейронной сети, а столбцы содержат следующую информацию: время обучения модели (с), качество решения задачи на тестовом множестве (в терминологии описанной метрики). Опционально в перечень столбцов можно добавить среднее время решения задачи на одном тестовом примере.

**Ресурс:** *Длинные рекуррентные нейронные сети с короткой памятью (Long Short-Term Memory Recurrent Neural Network, LSTM-RNN)* [[http://deeplearning.cs.cmu.edu/pdfs/Hochreiter97\\_lstm.pdf](http://deeplearning.cs.cmu.edu/pdfs/Hochreiter97_lstm.pdf)].

#### **Требования к результатам выполнения работы**

Условия успешной сдачи лабораторной работы:

1. Подготовлен пакет программ/скриптов для решения выбранной задачи.
2. Подготовлен отчет, содержащий необходимые разделы (описаны в п. 3).
3. Материалы выложены в личный репозиторий, доступ к которому выдан преподавателю.

# **Лабораторная работы №5**

## **Начальная настройка весов полностью связанных и сверточных нейронных сетей**

**Цель** настоящей работы состоит в том, чтобы использовать методы обучения без учителя для настройки начальных значений весов сетей, построенных при выполнении предшествующих практических работ.

### **Задачи**

Выполнение лабораторной работы предполагает решение *следующих задач*:

1. Выбор архитектур нейронных сетей, построенных при выполнении предшествующих практических работ.
2. Выбор методов обучения без учителя для выполнения настройки начальных значений весов сетей.
3. Применение методов обучения без учителя к выбранному набору сетей.
4. Сбор результатов экспериментов.

### **Последовательность выполнения работы**

Работа предусматривает выполнение следующей последовательности действий:

1. Разработка скриптов для описания сетей, реализующих методы обучения без учителя применительно к выбранным архитектурам нейронных сетей. Скрипты предоставляются в формате, доступном библиотеке.
2. Обучение разработанных глубоких моделей для получения начальных значений весов требует подготовки скриптов для обучения разработанных архитектур сетей.
3. Обучение выбранных архитектур нейронных сетей, при этом необходимо выполнить начальную инициализацию весов сетей значениями, полученными в ходе обучения без учителя.
4. Тестирование обученных глубоких моделей требует запуска скриптов для тестирования архитектур сетей, разработанных в ходе выполнения предыдущих лабораторных работ.
5. Сбор результатов тестирования разработанных архитектур сетей.
6. Публикация разработанных программ/скриптов в личном репозитории на GitHub. Структура репозитория описана в одной из предыдущих практических работ.
7. Подготовка отчета, содержащего минимальный объем информации по каждому этапу выполнения работы. Типовая структура отчета описана в более ранней практической работе.
  - 7.1. Разработанные программы/скрипты. Пофайловое описание содержимого директории **src**.
  - 7.2. Тестовые конфигурации сетей. Раздел содержит визуальные схемы конфигураций нейронных сетей и конфигураций, построенных с целью предварительной настройки параметров сети.
  - 7.3. Результаты экспериментов. Раздел содержит табличку, в которой каждая строка соответствует определенной конфигурации нейронной сети, обученной от начального приближения весов, которое построено тем или иным методом обучения без учителя, а столбцы содержат следующую информацию: время обучения модели (с), качество решения задачи на тестовом множестве (в терминологии описанной метрики). Опционально в перечень столбцов можно добавить среднее время решения задачи на одном тестовом примере.

### **Требования к результатам выполнения работы**

Условия успешной сдачи лабораторной работы:

1. Подготовлен пакет программ/скриптов для решения выбранной задачи.
2. Подготовлен отчет, содержащий необходимые разделы (описаны в п. 3).
3. Материалы выложены в личный репозиторий, доступ к которому выдан

## Лабораторная работа №6

### Применение переноса обучения для решения задачи, поставленной во второй лабораторной работе

**Цель** настоящей работы состоит в том, чтобы исследовать возможности переноса обучения для решения целевой задачи, выбранной изначально для выполнения практических работ.

#### **Задачи**

Выполнение практической работы предполагает решение *следующих задач*:

1. Поиск исходной задачи (близкой по смыслу к целевой задаче) и поиск натренированной модели для решения исходной задачи.
2. Выполнение трех типов экспериментов по переносу знаний (типы экспериментов описаны в лекции).
3. Сбор результатов экспериментов.

#### **Последовательность выполнения работы**

Работа предусматривает выполнение следующей последовательности действий:

1. Разработка скриптов для описания сетей, обеспечивающих решение целевой задачи на основании модели, позволяющей решать исходную задачу. Скрипты предоставляются в формате, доступном библиотеке. Необходимо подготовить четыре группы скриптов в соответствии с типами экспериментов.
2. Обучение построенных моделей для решения целевой задачи.
3. Тестирование обученных глубоких моделей требует запуска скриптов для тестирования построенных архитектур сетей.
4. Сбор результатов тестирования сетей.
5. Публикация разработанных программ/скриптов в репозитории на GitHub. Структура репозитория описана в одной из предыдущих практических работ.
6. Подготовка отчета, содержащего минимальный объем информации по каждому этапу выполнения работы. Типовая структура отчета описана в более ранней практической работе.
  - 6.1. Разработанные программы/скрипты. Пофайловое описание содержимого директории **src**.
  - 6.2. Тестовые конфигурации сетей. Раздел содержит визуальные схемы конфигураций нейронных сетей, решающих целевую задачу с выделением той части сети, которая используется в исходной задаче.
  - 6.3. Результаты экспериментов. Раздел содержит таблицу, в которой каждая строка соответствует определенному типу экспериментов по переносу обучения, а столбцы содержат следующую информацию: время обучения модели (с), качество решения задачи на тестовом множестве (в терминологии описанной метрики). Опционально в перечень столбцов можно добавить среднее время решения задачи на одном тестовом примере.

#### **Требования к результатам выполнения работы**

Условия успешной сдачи лабораторной работы:

1. Подготовлен пакет программ/скриптов для решения выбранной задачи.
2. Подготовлен отчет, содержащий необходимые разделы (описаны в п. 3).
3. Материалы выложены в репозиторий, доступ к которому выдан преподавателю.

## Перечень вопросов для зачета

1. Многослойный перцептрон (Multiple Layer Perceptron, MLP). Общая структура модели. Слои, функции активации и функции ошибки.
2. Оптимизационная постановка задачи обучения многослойной нейронной сети. Метод обратного распространения ошибки (Back Propagation, BP). Стохастический градиентный спуск (Stochastic Gradient Descent, SGD).
3. Настраиваемые параметры метода. Пример влияния параметров метода на скорость сходимости и результаты работы сети.
4. Сверточные нейронные сети. Структура модели. Возможные слои (свертка, pooling, dropout, Local Contrast Normalization, Batch Normalization и другие). Функции активации (сигмоидальные, ReLU). Функции ошибки.
5. Оптимизационная постановка задачи обучения сверточной нейронной сети. Метод обратного распространения ошибки для сверточных нейронных сетей. Пример простейшей сверточной нейронной сети; влияние параметров метода обучения.
6. Определение числа обучаемых параметров. Оценка объема памяти, необходимой для хранения сети. Принципы построения и оптимизации сверточных сетей.
7. Оптимизация в обучении глубоких моделей. Проблемы оптимизации нейронных сетей.
8. Основные алгоритмы: стохастический градиентный спуск; импульсивный метод; метод Нестерова.
9. Стратегии инициализации параметров.
10. Алгоритмы с адаптивной скоростью обучения: AdaGrad; RMSProp; Adam.
11. Стратегии оптимизации и метаалгоритмы.
12. Обзор библиотек глубокого обучения. Открытые библиотеки глубокого обучения: Библиотека Caffe. Пример разработки сети, обучения и тестирования сети. Библиотека Torch. Библиотека TensorFlow (Python).
13. Рекуррентные нейронные сети (Recurrent Neural Network, RNN) и их развитие. Общая структура модели. Полностью рекуррентная нейронная сеть. Проблемы обучения рекуррентных сетей. Развертывание рекуррентной сети во времени и адаптация метода обратного распространения ошибки. Примеры простейших сетей: сеть Эльмана, сеть Хопфилда, сеть LSTM. Пример использования рекуррентных нейронных сетей к задаче распознавания цифр.
14. Рекурсивные нейронные сети.
15. Двухнаправленные рекуррентные нейронные сети. Глубокие двухнаправленные рекуррентные нейронные сети. Длинные рекуррентные нейронные сети с короткой памятью.
16. Автокодировщик и стек автокодировщиков. Применение метода обратного распространения ошибки для обучения сети.
17. Разверточные нейронные сети. Ограниченная машина Больцмана. Глубокая машина Больцмана (Deep Boltzmann machine, DBM). Пример применения для начальной настройки параметров модели. Глубокая доверительная сеть.
18. Перенос обучения (transfer learning) глубоких нейронных сетей.
19. Виды экспериментов: Полное обучение параметров всех слоев сети с произвольной начальной инициализацией; Обучение всех слоев параметров всех слоев сети с начальной инициализацией, полученной в результате обучения модели для решения исходной задачи; Обучение только последних слоев (измененных) сети с начальной инициализацией, полученной в результате обучения модели для решения исходной задачи.

