



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(ФГБОУ ВО «ИГУ»)**  
Институт математики и информационных технологий



**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

**Б1.О.09 Глубокое обучение**

Направление подготовки: 01.04.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль) подготовки: Семантические технологии и многоагентные системы

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очная

Иркутск 2023 г.

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«ГЛУБОКОЕ ОБУЧЕНИЕ»**

Глубокое обучение является передовой областью современного машинного обучения и входит в общую проблематику искусственного интеллекта. В данном курсе основным инструментом для решения прикладных задач являются многослойные искусственные нейронные сети. Рассматриваются основные базовые архитектуры сетей глубокого обучения: многослойные полносвязные сети прямого распространения, сверточные сети, рекуррентные сети. Обсуждаются теоретические и практические аспекты их обучения, оптимизации модели, интерпретации и анализа результатов и процесса их обучения. Особое внимание уделяется практической имплементации глубоких архитектур, с использованием платформ Keras, TensorFlow. Рассматривается ряд современных задач и алгоритмов глубокого обучения: автокодировщики, генеративно-состязательные сети, сети для решения задач машинного перевода, генерации текстов, современные сверточные архитектуры для задач компьютерного зрения

### **SUBJECT SUMMARY**

#### **«DEEP LEARNING»**

Deep learning is the cutting edge area of modern machine learning and is one of the general concerns of artificial intelligence. In this course, we use multilayer artificial neural networks as the main tool for solving theoretical and applied problems. We consider main basic architectures of deep learning networks, such as: multilayer fully connected feedforward networks, convolutional neural networks, and recurrent neural networks. We discuss theoretical and practical aspects of their training, model optimization, interpretation and analysis of the results and the process of their training. Particular attention is paid to the practical implementation of deep architectures using the Keras and TensorFlow platforms. A number of modern problems

and algorithms of deep learning are considered: autoencoders, generative adversarial networks, machine translation problems, text generation problems, modern deep convolutional architectures of computer vision.

## **3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **3.1 Цели и задачи дисциплины**

1. Изучение основных методов глубокого обучения и их прикладных аспектов в современных задачах математического моделирования и обработки данных.
2. Формирование практических навыков разработки архитектуры нейронных сетей, их применения к практическим задачам, и программной имплементации.
3. Знание основных архитектур искусственных нейронных сетей, теоретических и практических аспектов их обучения.
4. Формирование умения компетентного анализа результатов обучения глубокой архитектуры, навыков анализа и устранения основных проблем, мешающих их правильной работе и обучению.
5. Освоение навыков работы с платформами TensorFlow, Keras, PyTorch для реализации и обучения искусственных нейронных сетей. Формирование навыков работы с академической и справочной литературой по тематике, культуры правильной постановки исследовательской задачи и работы с экспериментом.

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Математические методы распознавания образов»
2. «Алгоритмы компьютерной математики»
3. «Интеллектуальные системы»
4. «Математические методы распознавания образов»
5. «Машинное обучение»
6. «Нейронные сети»

### 3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соответствующих с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

Код компетенции/ индикатора компетенции	Наименование компетенции/индикатора компетенции
ОПК-1	Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики
<i>ОПК-1.1</i>	<i>Знает математические, естественнонаучные и социальноэкономические методы для использования в профессиональной деятельности</i>
<i>ОПК-1.2</i>	<i>Умеет решать нестандартные профессиональные задачи с применением математических, естественнонаучных знаний</i>
<i>ОПК-1.3</i>	<i>Имеет навыки теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности</i>
ОПК-3	Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности
<i>ОПК-3.1</i>	<i>Знает принципы, методы и средства разработки математических моделей при решении задач в области профессиональной деятельности</i>
<i>ОПК-3.2</i>	<i>Умеет проводить анализ математических моделей при решении задач в области профессиональной деятельности</i>
<i>ОПК-3.3</i>	<i>Умеет проводить анализ математических моделей при решении задач в области профессиональной деятельности</i>

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Содержание разделов дисциплины

#### 4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	1	1		8
2	Обучение искусственных нейронных сетей	3	1		8
3	Регуляризация в глубоком обучении	3	1		8
4	Численная оптимизация в глубоком обучении	3	1		8
5	Сверточные нейронные сети	2	3		8
6	Рекуррентные нейронные сети	6	2		8
7	Генеративные сети	6	2		8
8	Машинный перевод и генерация текстов	5	2		8
9	Заключение	1	1		7

	Итого, ач	30	14	8	71
	Из них ач на контроль	0	0	0	35
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	180/5			

#### 4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	История возникновения и основные этапы развития искусственных нейронных сетей. Обзор прикладных задач, решаемых глубоким обучением. Напоминание основных элементов модели перцептрона и искусственных нейронных сетей прямого распространения. Вероятностный подход к машинному обучению.
2	Обучение искусственных нейронных сетей	Проблема XOR. Граф вычислений и дифференцирование на графе вычислений. Полносвязные нейронные сети. Функции активации и их варианты. Метод обратного распространения ошибки. Стохастический градиентный спуск. Слои и векторизация.
3	Регуляризация в глубоком обучении	Регуляризация в глубоком обучении. L1 и L2-регуляризация весов. Аугментация выборки. Ансамбли моделей. Dropout.
4	Численная оптимизация в глубоком обучении	Численная оптимизация в глубоком обучении. Метод моментов, метод Нестерова. Адаптивные модификации стохастического градиентного спуска. Нормализация по мини-батчам. Инициализация весов.
5	Сверточные нейронные сети	Биологическая модель зрения. Операция свертки и взятия максимума. Сверточный нейрон. Сверточные нейронные сети. Современные сверточные архитектуры. Автокодировщики. Примеры приложений в задачах компьютерного зрения.
6	Рекуррентные нейронные сети	Задачи обработки последовательностей. Рекуррентные нейронные сети (RNN). Обучение рекуррентных сетей и обратное распространение ошибки сквозь время (BPTT). Слои с памятью. Сети долгой кратковременной памяти (LSTM). Архитектура Gated Recurrent Unit (GRU).
7	Генеративные сети	Вероятностная постановка генеративной задачи. Генеративные сети. Генеративно-состязательные искусственные нейронные сети (GAN). Автокодировщики. Вариационные автокодировщики (VAE).
8	Машинный перевод и генерация текстов	Задачи автоматической обработки текстов. Векторные представления слов (Word Embeddings). Сверточные сети для текстов. Модели seq2seq. Рекуррентные сети с механизмом внимания (Attention).
9	Заключение	Общие выводы по курсу. Рекомендации для подготовки к экзамену.

#### 4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

### 4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Сети прямого распространения и их обучение.	2
2. Оптимизация и эксперименты с сетями прямого распространения.	3
3. Сверточные сети: их разработка и применение к исследовательской задаче.	2
4. Эксперименты со сверточными сетями.	2
5. Рекуррентные сети: разработка, эксперименты, оптимизация.	2
6. Генеративные задачи.	3
Итого	14

### 4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

### 4.5 Реферат

Реферат не предусмотрен.

### 4.6 Индивидуальное домашнее задание

В течении семестра выдаются индивидуальные домашние задания по следующим темам:

1. Построение и обучение нейронной сети прямого распространения для решения задачи простой регрессии.
2. Построение и обучение нейронной сети прямого распространения для решения задачи классификации.
3. Построение и обучение сверточной нейронной сети для решения задачи классификации изображений.
4. Построение и обучение рекуррентной нейронной сети для работы с последовательностью.
5. Простые автокодировщики и генеративные задачи.

## **Образец индивидуального домашнего задания:**

### **Индивидуальное домашнее задание:**

Построение и обучение сверточной нейронной сети для решения задачи классификации изображений.

Дисциплина **Глубокое обучение ФКТИ**

Требования к выполнению ИДЗ:

1. Постройте и обучите простую CNN, решающую задачу классификации изображений датасета "Fashion MNIST".
2. Добейтесь 95% точности. Проанализируйте влияние стандартных методов регуляризации( dropout, l2-регуляризация, инициализация по Хавье, зашумление выборки) на качество обучения сети.
3. Постройте матрицу ошибок и графики основных метрик.
4. Используя дополнительные библиотеки, проведите визуализацию активаций на нескольких сверточных слоях.
5. Дополнительно: проведите adversarial-атаку на построенную сет и предъявите пример изображения, визуально неотличимого от правильно классифицируемого, но на котором сеть выдает ошибку классификации.

#### **4.7 Доклад**

Доклад не предусмотрен.

#### **4.8 Кейс**

Кейс не предусмотрен.

#### **4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студен-



тов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	12
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	11
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	10
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	10
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	10
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	18
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	35
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>126</b>

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библи.
Основная литература		
1	Николенко С. Глубокое обучение [Электронный ресурс] / С. Николенко, А. Кадулин, Е. Архангельская, 2019. -480 с.	неогр.
2	Гудфеллоу Я. Глубокое обучение [Электронный ресурс], 2018. -652 с.	неогр.
3	Ян Пойнтер Програмируем с PyTorch: Создание приложений глубокого обучения [Электронный ресурс] / Пойнтер Ян, 2021. -256 с.	неогр.
Дополнительная литература		
1	Сет Вейдман Глубокое обучение: легкая разработка проектов на Python [Электронный ресурс] / Вейдман Сет, 2021. -272 с.	неогр.
2	Траск Эндрю Грокаем глубокое обучение [Электронный ресурс] / Эндрю Траск, 2020. -352 с.	неогр.
3	Брайан Макмахан Знакомство с PyTorch: глубокое обучение при обработке естественного языка [Электронный ресурс] / Макмахан Брайан, Рао Делип, 2021. -256 с.	неогр.

### 5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Курс лекций К. В. по машинному и глубокому обучению: <a href="http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Машинное_обучение_(курс_лекций)">http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Машинное_обучение_(курс_лекций)</a>
2	Курс лекций К. В. по машинному и глубокому обучению (электронный учебник): <a href="http://www.machinelearning.ru/wiki/images/6/6d/Voron-ML-1.pdf">http://www.machinelearning.ru/wiki/images/6/6d/Voron-ML-1.pdf</a>
3	Электронная документация по работе в Keras: <a href="https://keras.io/guides/functional_api/">https://keras.io/guides/functional_api/</a>
4	Электронная документация по работе в tensorflow: <a href="https://www.tensorflow.org/tutorials">https://www.tensorflow.org/tutorials</a>
5	Электронная документация по работе в pytorch №1: <a href="https://neurohive.io/ru/tutorial/glubokoe-obuchenie-s-pytorch/">https://neurohive.io/ru/tutorial/glubokoe-obuchenie-s-pytorch/</a>
6	Электронная документация по работе в pytorch №2: <a href="https://pytorch.org/tutorials/">https://pytorch.org/tutorials/</a>
7	Сайт для установки и работы в anaconda: <a href="http://anaconda.org/">http://anaconda.org/</a>
8	Электронная документация по работе в библиотеке scipy: <a href="http://scipy.org/">http://scipy.org/</a>
9	Электронная документация по работе в библиотеке pandas: <a href="http://pandas.pydata.org/">http://pandas.pydata.org/</a>
10	Система организации конкурсов по исследованию данных, а также социальная сеть специалистов по обработке данных и машинному обучению: <a href="http://kaggle.com/">http://kaggle.com/</a>

№ п/п	Электронный адрес
11	Репозиторий с различными датасетами: <a href="http://archive.ics.uci.edu/ml/">http://archive.ics.uci.edu/ml/</a>
12	Профессиональный информационно-аналитический ресурс, посвященный машинному обучению, распознаванию образов и интеллектуальному анализу данных: <a href="http://www.machinelearning.ru/">http://www.machinelearning.ru/</a>
13	Система для запуска и верстки блокнотов с кодом в облаке -Google-colab: <a href="https://colab.research.google.com/">https://colab.research.google.com/</a>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Глубокое обучение» формой промежуточной аттестации является экзамен. Оценивание качества освоения дисциплины производится с использованием рейтинговой системы.

#### Экзамен

Оценка	Количество баллов	Описание
Неудовлетворительно	0 – 51	теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практически навыки и умения не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над курсом не приведет к существенному повышению качества выполнения учебных заданий
Удовлетворительно	52 – 67	теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки и умения работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий содержат ошибки
Хорошо	68 – 84	теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки и умения сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками

Отлично	85 – 100	теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки и умения сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено количеством баллов, близким к максимальному
---------	----------	--

### Особенности допуска

Допуск к экзамену включает в себя посещение не менее 80% лекционных и практических занятий, выполнение всех практических работ и их защиту, а так же выполнение ИДЗ.

Баллы начисляются за решение задач по ходу семестра, работу над индивидуальным проектом, участие в аудиторной работе. Накопленные баллы суммируются с экзаменационным ответом, формируя итоговый балл. Оценка выставляется на основе суммы набранных баллов по рейтинговой системе.

## 6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### Примерные вопросы к экзамену

№ п/п	Описание
1	Полносвязные нейронные сети, метод обратного распространения ошибки, стохастический градиентный спуск.
2	Параметры и гиперпараметры. Обучающая, тестовая и валидационная выборка. Недообучение и переобучение.
3	Численная оптимизация в глубоком обучении. Метод моментов, метод Нестерова. Адаптивные модификации стохастического градиентного спуска.
4	Нормализация по мини-батчам. Инициализация весов.
5	Регуляризация в глубоком обучении. L1 и L2-регуляризация весов. Dropout.
6	Биологическая модель зрения. Операция свертки и взятия максимума. Сверточный нейрон. Сверточные нейронные сети.
7	Современные архитектуры сверточных сетей. Примеры приложений в задачах компьютерного зрения.
8	Рекуррентные нейронные сети (RNN). Обучение рекуррентных сетей и обратное распространение ошибки сквозь время (BPTT).
9	Слой с памятью. Сети долгой кратковременной памяти (LSTM). Архитектура Gated Recurrent Unit (GRU).
10	Вероятностная постановка генеративной задачи. Генеративные сети. Генеративно-состязательные искусственные нейронные сети (GAN).

11	Автокодировщики. Вариационные автокодировщики (VAE).
12	Задачи автоматической обработки текстов. Векторные представления слов (Word Embeddings).
13	Сверточные сети для обработки текстов. Модели seq2seq.
14	Рекуррентные сети с механизмом внимания (Attention).

## **Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ**

### **Пример индивидуального проекта:**

#### **Индивидуальный проект**

Семантическая разметка изображения на базе предобученной сети VGG19

#### **Дисциплина Глубокое обучение ФКТИ**

Требуется построить и обучить архитектуру полносверточной сети, для решения задачи семантической сегментации изображений. В качестве базовой сверточной сети, выделяющей признаки, предлагается взять сеть VGG19. Необходимо на ее основании построить и обучить архитектуру полносверточной сети, для решения задачи семантической сегментации изображений.

#### **методика контроля качества выполнения индивидуального проекта:**

”отлично”, если проект выполнен в полном объеме, к защите работы не было существенных замечаний, теоретическое основание работы освоено полностью, программный код не содержит существенных недостатков;

”хорошо”, если проект выполнен с частичными замечаниями, имеются частичные замечания к защите работы, теоритической базе проекта, программному коду;

”удовлетворительно”, если проект выполнен с существенными замечаниями, имеются существенные замечания к защите работы, знанию и пониманию теоретических основ, программный код не доведен до рабочей версии, или имеет существенные изъяны;

”неудовлетворительно”, если проект невыполнен, защита не производи-

лась, программный код отсутствует.

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

### **6.3 График текущего контроля успеваемости**

<b>Неделя</b>	<b>Темы занятий</b>	<b>Вид контроля</b>
1	Обучение искусственных нейронных сетей	
2		Практическая работа
3	Регуляризация в глубоком обучении Численная оптимизация в глубоком обучении	
4		
5		
6		Практическая работа
7	Сверточные нейронные сети	
8		
9		Практическая работа
10	Рекуррентные нейронные сети	
11		
12		Практическая работа
13	Генеративные сети	
14		Практическая работа
15	Машинный перевод и генерация текстов	
16		Практическая работа
17	Машинный перевод и генерация текстов	ИДЗ / ИДРГЗ / ИДРЗ

### **6.4 Методика текущего контроля**

#### **на лекционных занятиях**

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее 80 % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

#### **на практических занятиях**

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее 80 % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

В ходе проведения практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

### **Контроль самостоятельной работы студентов**

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

### **Методика оценки индивидуального домашнего задания:**

”отлично”, если поставленная задача выполнена в полном объеме, сдана без существенной задержки;

”хорошо”, если поставленная задача выполнена с частичными замечаниями, вовремя внесены исправления;

”удовлетворительно”, если поставленная задача выполнена с существенными замечаниями, серьезно нарушены сроки сдачи, присутствуют ошибки после исправления;

”неудовлетворительно”, если поставленная задача невыполнена.

## **7 Описание информационных технологий и материально-технической базы**

<b>Тип занятий</b>	<b>Тип помещения</b>	<b>Требования к помещению</b>	<b>Требования к программному обеспечению</b>
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, персональный компьютер IBM-совместимый Pentium или выше, проектор, экран, меловая или маркерная доска	1) Windows 7 и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше; 3) Anaconda3

Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, персональный компьютер IBM-совместимый Pentium или выше, проектор, экран, меловая или маркерная доска	1) Windows 7 и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше; 3) Anaconda3
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows 7 и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше; 3) Anaconda3



## **8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.