

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Курганский государственный университет»

Кафедра «Программного обеспечения автоматизированных систем»



УТВЕРЖДАЮ:
Ректор

Н.В. Дубив

2020 г.

Рабочая программа учебной дисциплины

ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ И ГЛУБОКОЕ ОБУЧЕНИЕ

образовательной программы высшего образования –
программы магистратуры

09.04.04 Программная инженерия
направленность


*Методы и алгоритмы интеллектуальной обработки данных
в информационно-вычислительных системах*

формы обучения – очная

Рабочая программа дисциплины «Искусственные нейронные сети и глубокое обучение» составлена в соответствии с учебными планами программы магистратуры Программная инженерия (Методы и алгоритмы интеллектуальной обработки данных в информационно-вычислительных системах) очной формы обучения, утвержденными 28.08.2020 г.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры Программного обеспечения автоматизированных систем 31.08.2020 года, протокол № 1.

Рабочую программу разработал
доцент кафедры ПОАС



О.С.Черепанов

Заведующий
кафедрой ПОАС



Т.Р. Змызгова

Согласовано:

Начальник
Управления
образовательной деятельности



С.Н. Сеницын

Специалист
по учебно-методической работе
Учебно-методического отдела



Г.В. Казанкова

1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость – 5 зач. ед. (180 акад. часа)

Виды учебной работы	Распределение трудоемкости по семестрам и видам учебных занятий (акад. часов)	
	Всего	3-й семестр
Аудиторные занятия:	64	64
Лекции	32	32
Практические занятия	32	32
Самостоятельная работа:	116	116
Подготовка к экзамену	27	27
Прочие виды	89	89
Вид промежуточной аттестации		Экзамен
Общая трудоемкость	180	180

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Искусственные нейронные сети и глубокое обучение» включена в обязательную часть блока 1 учебного плана и создает методологическую основу для изучения профильных дисциплин.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Основная цель изучения дисциплины – формирование теоретических знаний в области искусственных нейронных сети и практических навыков работы с программными средствами, позволяющими реализовывать нейрокомпьютерные системы.

Задачи дисциплины:

- изучение теоретических основ создания и функционирования нейрокомпьютерных систем;
- обзор современных архитектур искусственных нейронных сетей и алгоритмов их обучения;
- применение нейрокомпьютерных систем к решению практических задач.

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:

- способность самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте (ОПК-1);
- способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач (ОПК-2);
- способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований (ОПК-4).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие **результаты обучения**:

Должен знать:

- современные архитектуры искусственных нейронных сетей (ИНС), в том числе полносвязные, сверточные и рекуррентные ИНС (ОПК-1);
- методы обучения искусственных нейронных сетей (ОПК-1);
- особенности применения нейрокомпьютерных систем для решения различных прикладных задач искусственного интеллекта (ОПК-4).

Должен уметь:

- предварительно подготавливать данные для обучения ИНС (ОПК-1);
- разрабатывать программы для обучения глубоких нейронных сетей с использованием современных программных средств (ОПК-2);

- выбирать нужную архитектуру ИНС и методы ее обучения для основных задач машинного обучения (ОПК-4);
- анализировать результаты обучения ИНС и оценивать качество полученных моделей ИНС (ОПК-2, ОПК-4).

Должен владеть:

- навыками работы с современными программными средствами, реализующими модели ИНС и алгоритмы их обучения, для решения практических задач (ОПК-2).

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Учебно-тематический план

Разделы дисциплины		Часов контактной работы с преподавателем	
№	Наименование	Лекции	Практ. занятия
1	Введение в искусственные нейронные сети и глубокое обучение	6	4
2	Искусственные нейронные сети прямого пространства	8	12
	Рубежный контроль №1	-	2
3	Обзор современных нейронных сетей глубокого обучения	18	12
	Рубежный контроль № 2	-	2
Всего по дисциплине:		32	32

4.2 Содержание лекционных занятий

Наименование и содержание лекции	Часов контактной работы с преподавателем
Раздел №1. Введение в искусственные нейронные сети и глубокое обучение	
Лекция 1. Введение в искусственные нейронные сети История развития искусственных нейронных сетей. Понятие, роль и место глубокого обучения в машинном обучении. Модель формального нейрона. Функция активации. Перцептрон Розенблатта. Однослойный перцептрон и его ограниченность.	2
Лекция 2. Основы TensorFlow Особенности библиотеки TensorFlow. Установка, настройка и базовое исполнение. Нетерпеливое исполнение. Введение в тензоры. Форма, ранг, ось, размер тензора. Рваные тензоры. Струнные тензоры. Редкие тензоры. Введение в переменные. Жизненный цикл переменных. Размещение переменных и тензоров. Градиенты. Лента с градиентами. Градиенты относительно модели. Поток управления.	4

Графы. Функции. Преобразование функций в графы. Модули, слои и модели.	
Раздел №2. Искусственные нейронные сети прямого распространения	
<p>Лекция 3. Искусственные нейронные сети прямого распространения. Градиентные методы обучение ИНС</p> <p>Многослойный перцептрон (МП). Типы выходных блоков. Скрытые блоки. Обучение искусственных нейронных сетей градиентными методами. Функция стоимости. Алгоритм обратного распространения. Вычисление обратного распространения в полносвязном МП.</p>	4
<p>Лекция 4. Регуляризация в глубоком обучении</p> <p>Штрафы по норме параметров. Регуляризация параметров по L_2-норме. L_1-регуляризация. Штрафы по норме в виде оптимизации с ограничениями. Обучение с частичным привлечением учителя. Многозадачное обучение. Связывание и разделение параметров. Разреженные представления. Ансамблевые методы. Прореживание. Алгоритм распространения по касательной.</p>	2
<p>Лекция 5. Оптимизация в глубоком обучении</p> <p>Минимизация эмпирического риска. Пакетные и минипакетные алгоритмы. Проблемы оптимизации в ИНС: плохая обусловленность, локальные минимумы, плоские участки, резко растущие градиенты, долгосрочные зависимости. Основные алгоритмы оптимизации в ИНС. Стохастический градиентный спуск. Импульсный метод. Метод Нестерова. Стратегии инициализации параметров. Алгоритмы с адаптивной скоростью обучения. Приближенные методы второго порядка.</p>	2
Раздел №3. Обзор современных нейронных сетей глубокого обучения	
<p>Лекция 6. Сверточные нейронные сети</p> <p>Операция свертки. Разреженные взаимодействия. Разделение параметров. Эквивариантные представления. Пулинг. Варианты базовой функции свертки. Расширенная свертка. Частичная свертка. Стробирующая свертка. Структурированный выход сети. Эффективные алгоритмы свертки. Сверточные сети в истории глубокого обучения. Примеры сверточных нейронных сетей и алгоритмов их обучения. LetNet-5. AlexNet. VGG. GoogleNet. ResNet.</p>	4
<p>Лекция 7. Рекуррентные нейронные сети</p> <p>Развертка графа вычислений. Рекуррентные нейронные сети (РНС). Вычисление градиента в РНС. Двухнаправленные РНС. Кодировщик-Декодер. Глубокие РНС. Сеть Хопфилда. Сеть Элмана. Сеть Джордана.</p>	4
<p>Лекция 8. Рекурсивные нейронные сети</p> <p>Долгосрочные зависимости. Нейронные эхо-сети. Блоки с утечками. LSTM-сети. Вентильные РНС. Оптимизация в долгосрочных зависимостях. Отсечение градиента. Явная память.</p>	2
<p>Лекция 9. Автокодировщики</p> <p>Определение автокодировщиков. Понижающие автокодировщики. Регуляризованные автокодировщики. Репрезентативная способность автокодировщиков. Стохастические кодировщики и декодеры. Шумоподавляющие автокодировщики. Обучение многообразий с помощью автокодировщиков. Сжимающие автокодировщики. Применение автокодировщиков.</p>	4

Лекция 10. Обучение представлений Понятие «представление» в глубоком обучении. Предобучение без учителя. Перенос обучение и адаптация домена. Частичное привлечение учителя. Распределенное представление.	2
Лекция 11. Глубокие порождающие модели Машины Больцмана. Ограниченные машины Больцмана. Глубокие сети доверия. Глубокие машины Больцмана. Сверточные машины Больцмана. Ориентированные порождающие сети. Выборка из автокодировщиков. Порождающие стохастические сети.	2
Всего часов лекционных занятий	32

4.3 Практические занятия

Наименование и содержание практического занятия	Часов контактной работы с преподавателем
Раздел №1. ОСНОВЫ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ	
Практическое занятие № 1. TensorFlow Core Графовые вычисления в TensorFlow 2.0. Создание и обучение модели для решения задачи многомерной регрессии.	4
РАЗДЕЛ №2. Искусственные нейронные сети прямого распространения	
Практическое занятие № 2. Задача многомерной регрессии. Многомерный перцептрон. Решение практической задачи, сводящейся к задаче регрессии. Требуется предварительно подготовить данные, построить и обучить модель в виде многослойного перцептрона. На основе полученных результатов подготовить отчет.	6
Практическое занятие № 3. Задача классификации. Многомерный перцептрон. Решение практической задачи, сводящейся к задаче классификации. Требуется предварительно подготовить данные, построить и обучить модель в виде многослойного перцептрона. На основе полученных результатов подготовить отчет.	6
Рубежный контроль №1.	2
РАЗДЕЛ №3. Обзор современных нейронных сетей глубокого обучения	
Практическое занятие № 4. Сверточные нейронные сети Построение и обучение сверточной нейронной сети для распознавания объектов на изображениях. На основе полученных результатов подготовить отчет.	6
Практическое занятие № 5. Рекуррентные нейронные сети Прогнозирование реальных временных рядов с помощью рекуррентных нейронных сетей. Сравнение точности прогноза с классическими алгоритмами прогнозирования. На основе полученных результа-	6

тов подготовить отчет.	
Рубежный контроль №2.	2
Всего часов практических занятий	32

5 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Конспект лекций (краткий обзор рассматриваемых на лекциях вопросов) представлен в формате мультимедийных презентаций и включен в состав учебно-методического комплекса дисциплины.

Основная цель проведения практических занятий – получения практических навыков решения прикладных задач с помощью искусственных нейронных сетей, используя библиотеку TensorFlow и Keras.

Программой изучения дисциплины предусмотрено выполнение пяти практических заданий.

Для текущего контроля успеваемости обучения используется балльно-рейтинговая система контроля. Для получения высокой оценки настоятельно рекомендуется активно участвовать во время обсуждения материала дисциплины на лекционных и практических занятиях, а также тщательно его прорабатывать при самостоятельной работе.

Самостоятельная работа по освоению дисциплины включает подготовку к промежуточной аттестации (экзамену), подготовку к проведению рубежного контроля, проработку лекционного материала, выполнение и оформление результатов практических заданий. Рекомендуемое распределение трудоемкости самостоятельной работы приведено в таблице.

Таблица 5.1 – Рекомендуемая трудоемкость самостоятельной работы

Виды самостоятельной работы	Рекомендуемая трудоемкость, акад. часов
Самостоятельное изучение тем разделов: Рекуррентные нейронные сети с механизмом внимания	22
Изучение материала лекционного курса	35
Подготовка и выполнение практических заданий (по 2 часа на каждое занятие)	28
Подготовка к рубежному контролю (по 2 часа на контроль)	4
Подготовка к экзамену	27
Всего:	116

6 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

6.1 Перечень оценочных средств

Фонд оценочных средств по дисциплине включает следующие компоненты, включенные в состав учебно-методического комплекса дисциплины:

1. Бально-рейтинговая система контроля и оценки академической активности обучающихся в КГУ
2. Вопросы для подготовки к экзамену по дисциплине.
3. Образцы отчетов по практическим заданиям.
4. Банк заданий к рубежным контролям.

6.2 Система бально-рейтинговой оценки работы обучающихся

Виды контроля/аттестации по дисциплине	Содержание	Максимальная оценка
Текущий контроль	Посещаемости лекций 1 б x 16	16
	Контроль выполнения практических заданий	7 + 8 + 9 + 9 + 9 = 42
Рубежный контроль	Контроль №1 по разделу «Искусственные нейронные сети прямого распространения»	6
	Контроль №2 по разделу «Обзор современных нейронных сетей глубокого обучения»	6
Промежуточная аттестация (экзамен)		30
Максимальная итоговая оценка, баллов		100

Таблица 6.3 – Соответствие шкал оценивания

Рейтинговая оценка, баллов	Виды оценок промежуточной аттестации	
	Традиционная оценка	Оценка ECTS
91-100	Отлично (5)	A
84-90		B
74-83	Хорошо (4)	C
68-73		D
61-67		E
51-60	Удовлетворительно (3)	Fx
0-50		F
	Неудовлетворительно (2)	Не зачтено

Для допуска к экзамену обучающийся должен набрать по итогам текущего и рубежного контроля не менее 50 баллов и при этом он должен выполнить и защитить все практические задания.

Для получения оценки «удовлетворительно» автоматически (без сдачи экзамена) достаточно набрать 68 баллов по результатам текущего и рубежного контроля в течение семестра.

Обучающемуся, набравшему в течение семестра не менее 68 баллов, преподаватель вправе добавить до 30 дополнительных (бонусных) баллов за активность

на учебных занятиях, оригинальность принимаемых решений при выполнении лабораторных работ и индивидуальных контрольных заданий и выставить оценку «хорошо» или «отлично» автоматически.

В случае если по результатам текущего и рубежного контроля обучающимся набрано менее 50 баллов, он может набрать недостающее количество баллов, выполнив дополнительные индивидуальные задания до конца зачетной недели семестра.

Состав дополнительных заданий, их количество, формы выполнения и максимальные балльные оценки определяются преподавателем и доводятся до обучающегося в момент выдачи заданий.

Ликвидация академических задолженностей, возникших из-за разности в учебных планах при переводе или восстановлении, также проводится путем выполнения дополнительных индивидуальных заданий и выставляется автоматически оценка «хорошо» или «отлично».

6.3 Процедура оценивания результатов освоения дисциплины

Рубежный контроль №1 и №2 проводится в форме фронтального тестирования по теоретической части первому и второму разделу дисциплины соответственно. Каждый тест содержит 20 вопросов, расчетное время проведения тестирования – 45 минут. Оценивается количество правильных ответов на задания теста и соответственно начисляется балл (см. таблицу 6.2). Обучающийся, ответивший правильно менее, чем на 10 заданий теста, считается не прошедшим тестирование и обязан повторно пройти этот тест во время консультации по дисциплине.

Экзамен по дисциплине проводится в традиционной (устной) форме: обучающийся отвечает на вопросы билета, включающего два вопроса. Оценивается полнота и правильность ответов обучающегося на вопросы билета, а также его эрудиция в смежных вопросах. Результаты текущего контроля успеваемости и экзамена заносятся преподавателем в экзаменационную ведомость, которая сдается в организационный отдел института в день проведения экзамена, а также выставляются в зачетную книжку студента.

6.4 Примерные оценочные средства для рубежных контролей и экзамена

Примеры вопросов для проведения рубежного контроля №1

1. Кто создал первую модель искусственных нейронных сетей?
 - а) Фрэнк Розенблатт.
 - б) Мак-Каллок и Питтс.
 - в) Ян Лекун.
 - г) Дэвид И. Румельхарт, Дж. Е. Хинтон и Рональд ж. Вильямс.
2. Какие функции выполняет входной слой многослойного персептрона?
 - а) Транслирует сигнал на выходной слой многослойного персептрона.
 - б) Удаляет шум из сигнала.
 - в) Передает входной вектор сигналов на первый скрытый слой.
 - г) Вычисляет производную для алгоритма обратного распространения

ошибки.

3. К сетям прямого распространения не относятся
- Сети Хопфилда.
 - Сети Кохонена.
 - Сети с обратным распространением ошибки.
 - Сверточные нейронные сети.

Примеры вопросов для проведения рубежного контроля №2

- За что отвечает пулинговый слой в сверточных сетях?
 - Снижение размерности.
 - Выполнение операции свертки.
 - Вычисляет меру связи с соседними пикселями.
 - Передает сигнал без изменения на следующий слой.
- Сеть LSTM относится к
 - Нейронным сетям прямого распространения.
 - Рекуррентным нейронным сетям.
 - Сверточным нейронным сетям.
 - Автокодировщикам.
- В каких областях применяются рекуррентные нейронные сети?
 - Обработка текста на естественном языке.
 - Обработка аудио.
 - Обработка видео.
 - Сегментация изображений.

Примеры вопросов для подготовки к экзамену по дисциплине

- История развития искусственных нейронных сетей. Понятие, роль и место глубокого обучения в машинном обучении.
- Модель формального нейрона. Функция активации. Перцептрон Розенблатта. Однослойный перцептрон и его ограниченность.
- Библиотека TensorFlow. Тензоры. Форма, ранг, ось, размер тензора. Рваные тензоры. Струнные тензоры. Редкие тензоры.
- Библиотека TensorFlow. Введение в переменные. Жизненный цикл переменных. Размещение переменных и тензоров.
- Библиотека TensorFlow. Градиенты. Лента с градиентами. Градиенты относительно модели.
- Библиотека TensorFlow. Графы. Функции. Преобразование функций в графы.
- Библиотека TensorFlow. Модули, слои и модели.
- Многослойный перцептрон. Типы выходных блоков. Скрытые блоки.
- Алгоритм обратного распространения. Вычисление обратного распространения в полносвязном многослойном перцептроне.
- Штрафы по норме параметров. Регуляризация параметров по L2-норме. L1-регуляризация. Штрафы по норме в виде оптимизации с ограничениями.
- Обучение с частичным привлечением учителя. Многозадачное обучение. Связывание и разделение параметров.

12. Разреженные представления. Ансамблевые методы. Прореживание. Алгоритм распространения по касательной.
13. Минимизация эмпирического риска. Пакетные и минипакетные алгоритмы. Проблемы оптимизации в искусственных нейронных сетях.
14. Основные алгоритмы оптимизации в искусственных нейронных сетях. Стохастический градиентный спуск. Импульсный метод. Метод Нестерова. Стратегии инициализации параметров.
15. Алгоритмы оптимизации в искусственных нейронных сетях. Алгоритмы с адаптивной скоростью обучения. Приближенные методы второго порядка.
16. Операция свертки. Разреженные взаимодействия. Разделение параметров. Эквивариантные представления. Пулинг. Структурированный выход сети.
17. Варианты базовой функции свертки. Расширенная свертка. Частичная свертка. Стробированная свертка. Эффективные алгоритмы свертки. Сверточные сети в истории глубокого обучения.
18. Сверточные нейронные сети. LetNet-5. AlexNet.
19. Сверточные нейронные сети. VGG. GoogleNet. ResNet.
20. Развертка графа вычислений. Рекуррентные нейронные сети. Вычисление градиента в рекуррентных нейронных сетях. Двухнаправленные рекуррентные нейронные сети. Кодировщик-Декодер.
21. Глубокие рекуррентные нейронные сети. Сеть Хопфилда. Сеть Элмана. Сеть Джордана.
22. Долгосрочные зависимости. Нейронные эхо-сети. Блоки с утечками. LSTM-сети. Вентильные рекуррентные нейронные сети.
23. Оптимизация в долгосрочных зависимостях. Отсечение градиента. Явная память.
24. Определение автокодировщиков. Понижающие автокодировщики. Регуляризованные автокодировщики.
25. Репрезентативная способность автокодировщиков. Стохастические кодировщики и декодеры. Шумоподавляющие автокодировщики.
26. Обучение многообразий с помощью автокодировщиков. Сжимающие автокодировщики. Применение автокодировщиков.
27. Понятие «представление» в глубоком обучении. Предобучение без учителя. Перенос обучения и адаптация домена. Частичное привлечение учителя. Распределенное представление.
28. Машины Больцмана. Ограниченные машины Больцмана.
29. Глубокие сети доверия. Глубокие машины Больцмана.
30. Сверточные машины Больцмана. Ориентированные порождающие сети.
31. Выборка из автокодировщиков. Порождающие стохастические сети.

7 ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

7.1 Основная литература

1. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение / пер. с англ. А. А. Слинкина. – 2-е изд., испр. – М.: ДМК Пресс, 2018. - 652 с.
2. Шолле Ф. Глубокое обучение на Python. – СПб.: Питер, 2018 – 400 с.

3. Миелуччи У. Прикладное глубокое обучение. Подход к пониманию глубоких нейронных сетей на основе метода кейсов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2020 – 368 с.

7.2 Дополнительная литература

4. Траск Э. Грокаем глубокое обучение. – СПб.: Питер, 2019 – 352 с.

5. Николенко С., Кадурич А., Архангельская Е. Глубокое обучение. – СПб.: Питер, 2018 – 480 с.

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Техническое обеспечение

№	Наименование	Использование
1	Комплект: ноутбук, медиа-проектор, экран	Для демонстрации иллюстративного материала при чтении лекций.
2	Персональный компьютер стандартной комплектации	Используется в качестве инструмента и объекта исследования при выполнении лабораторных и контрольных работ.

8.2 Программное обеспечение

№	Наименование	Использование
1	TensorFlow 2+	Выполнение практических заданий.
2	Интерпретатор Python	
3	IDE PyCharm	
4	Jupyter Notebook	

Аннотация
рабочей программы учебной дисциплины

ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ И ГЛУБОКОЕ ОБУЧЕНИЕ

образовательной программы высшего образования –
программы магистратуры

09.04.04 Программная инженерия
направленность

*Методы и алгоритмы интеллектуальной обработки данных
в информационно-вычислительных системах*

формы обучения – очная

Трудоемкость освоения дисциплины – 5 зач. ед. (180 акад. часа)

Семестры: 3-й

Содержание дисциплины

Раздел 1. Введение в искусственные нейронные сети и глубокое обучение

Раздел 2. Искусственные нейронные сети прямого распространения

Раздел 3. Обзор современных нейронных сетей глубокого обучения