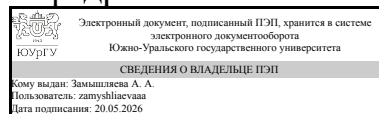


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



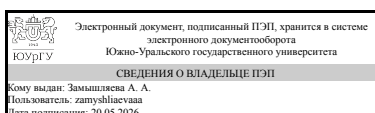
А. А. Замышляева

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины 1.Ф.П0.03 Глубокие нейронные сети
для направления 01.03.02 Прикладная математика и информатика
уровень Бакалавриат
профиль подготовки Искусственный интеллект, глубокое обучение и анализ
данных
форма обучения очная
кафедра-разработчик Центр ОП топ-уровня в сфере ИИ "ВиртУм"**

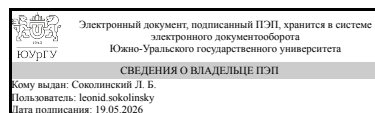
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, утверждённым приказом Минобрнауки от 10.01.2018 № 9

Зав.кафедрой разработчика,
д.физ.-мат.н., проф.



А. А. Замышляева

Разработчик программы,
д.физ.-мат.н., проф., профессор



Л. Б. Соколинский

1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины - освоение студентами фундаментальных принципов построения, обучения и применения глубоких нейронных сетей для решения практических задач широкого спектра. Задачи освоения дисциплины: изучение основных архитектур нейронных сетей и базовых алгоритмов глубокого обучения; умение использовать программные библиотеки и инструменты глубокого обучения для решения практических задач; получение практических навыков разработки, обучения и оптимизации глубоких нейронных сетей. Профессиональная роль: инженер машинного обучения.

Краткое содержание дисциплины

Изложены наиболее важные понятия, определения и принципы построения глубоких нейронных сетей. В курс входят следующие разделы: введение в нейронные сети; многослойный персептрон; обучение нейронной сети методом градиентного спуска; метод обратного распространения ошибки; стоимостная функция на основе перекрестной энтропии; регуляризация, прореживание (dropout), аугментация и другие техники, улучшающие обучение нейронных сетей; алгоритмы с адаптивной скоростью обучения AdaGrad, RMSProp, Adam; ReLU и другие функции активации; сверточные нейронные сети; рекуррентные нейронные сети; автокодировщики; глубокое обучение с подкреплением; история развития нейронных сетей и глубокого обучения.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-14 [ML-8] Способен применять алгоритмы обучения на нестандартных объемах данных	Знает: - [И-2, СУ] стандартные метрики оценки качества (accuracy, F1, ROC-AUC) Умеет: - [И-2, СУ] использовать стандартные метрики оценки качества (accuracy, F1, ROC-AUC) и сопоставлять базовые модели между собой
ПК-20 [DL-1] Способен применять и (или) разрабатывать архитектуры глубоких нейронных сетей	Знает: - [И-1, СУ] принцип и алгоритмы градиентного спуска Умеет: - [И-1, СУ] применять регуляризацию и прореживание; выбирать размер пакета для стохастического градиентного спуска [И-2, БУ] применять основные архитектуры глубокого обучения (VGG, ResNet) Имеет практический опыт: - [И-1, СУ] выбора и задания скорости обучения и функции потерь в зависимости от задачи и набора данных
ПК-23 [ML-6] Способен применять алгоритмы обучения с подкреплением	Знает: - [И-1, СУ] TD-методы и методы Монте-Карло для обучения агента Умеет: - [И-1, СУ] задавать цель агента с помощью полного вознаграждения, вознаграждения с обесценением, лямбда-дохода Имеет практический опыт: - [И-1, СУ] использования TD-методов и методов Монте-

	Карло для обучения агента
ПК-25 [FC-3] Способен проводить передовые исследования в области управления, решения, агентных и мультиагентных систем	Умеет: - [И-1, БУ] проводить аппроксимацию функции ценности агента с помощью глубоких нейронных сетей; реализовать поиск по дереву методом Монте-Карло Имеет практический опыт: - [И-2, БУ] создания агентной системы с помощью глубоких нейронных сетей на основе обучения с подкреплением

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Нет	Машинное обучение на нестандартных данных, Проектно-исследовательский семинар, Обучение с подкреплением, Производственная практика (преддипломная, стажировка) (8 семестр)

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Нет

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 72,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		5
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	64	64
Лекции (Л)	32	32
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	0	0
Лабораторные работы (ЛР)	32	32
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	35,5	35,5
Работа в студенческой исследовательской лаборатории "ИИ в системах поддержки принятия решений"	25	25
Подготовка к экзамену	10,5	10,5
Консультации и промежуточная аттестация	8,5	8,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Введение в искусственные нейронные сети	8	4	0	4
2	Глубокое обучение с учителем	10	6	0	4
3	Техники, улучшающие обучение глубоких нейронных сетей	12	8	0	4
4	Специальные архитектуры глубоких нейронных сетей для работы с изображениями и последовательностями	18	6	0	12
5	Глубокое обучение с подкреплением	14	6	0	8
6	История нейронных сетей и глубокого обучения	2	2	0	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Биологический нейрон человеческого мозга. Понятие искусственного нейрона и искусственной нейронной сети. Сферы применения искусственных нейронных сетей. Модель нейрона Мак-Каллока–Питса. Персептрон. Глубокая нейронная сеть прямого распространения. Вычислительная мощность персептрона.	2
2	1	Возможность обучения нейронной сети. Трудности с обучением персептронных сетей. Сигмоидальный нейрон. Модель обучения нейронной сети. Обучающая и тестовые выборки. Функция потерь (стоимостная функция). Среднеквадратическая ошибка.	2
3	2	Обучение нейронной сети методом градиентного спуска. Переход к векторным операциям. Алгоритм стохастического градиентного спуска.	2
4	2	Метод обратного распространения ошибки. Мера влияния нейронов выходного слоя на величину ошибки. Мера влияния нейронов скрытого слоя на величину ошибки. Формула для вычисления градиента по смещению. Формула для вычисления градиента по весам. Формализованное описание алгоритма обратного распространения ошибки.	2
5	2	Функция потерь на основе перекрестной энтропии. Формулы обратного распространения ошибки для случая перекрестной энтропии.	2
6	3	Переобучение. Валидационная выборка. Регуляризация L1 и L2. Прореживание (dropout). Типология нестандартных данных (малые выборки, несбалансированные данные, большие объемы). Обучение на малых объемах данных. Искусственное увеличение обучающей выборки (аугментация данных).	2
7	3	Нейронная сеть с распределением вероятностей. Использование функции softmax в качестве функции активации выходного слоя.	2
8	3	Инициализация весов и смещений на основе нормального распределения. Уменьшение скорости обучения. Градиентный спуск на основе импульса.	2
9	3	Алгоритмы с адаптивной скоростью обучения: AdaGrad, RMSProp, Adam. ReLU и другие альтернативные функции активации.	2
10	4	Сверточные нейронные сети (СНС). Слои свертки и пулинга. Построение карт признаков. Ядро свертки. Max-пулинг и L2-пулинг. СНС для распознавания рукописных цифр. Преимущества СНС. Потенциальные проблемы, связанные с использованием СНС. Сферы применения СНС. Нейробиологические основания сверточных сетей.	2
11	4	Автокодировщики. Рекуррентные нейронные сети (РНС). Двухнаправленные РНС. Глубокие РНС.	2
12	4	Вентильные РНС. Сети долгой краткосрочной памяти (LSTM). Вентильный	2

		рекуррентный модуль (GRU).	
13	5	Обучение с подкреплением. Марковский процесс принятия решений. Понятия агента, среды, состояния, действия и награды. Дерево состояний. Марковское свойство. Распределение вероятностей перехода в новое состояние. Эпизоды и доходы.	2
14	5	Понятие стратегии. Функция ценности состояния. Функция качества действия (Q-функция). Соотношение между качеством действия и ценностью состояния. Формула Беллмана для стратегии. Отношение квазипорядка на множестве стратегий. Оптимальная стратегия. Оптимальные функция ценности состояния и функция качества действия. Формулы оптимальности Беллмана для ценности состояния и качества действия. Жадная оптимальная стратегия для известной оптимальной Q функции. ϵ -жадная оптимальная стратегия для известной оптимальной Q-функции.	2
15	5	Q-обучение. Алгоритм заполнения Q-таблицы. Применение глубокой нейронной сети для аппроксимации оптимальной Q-функции. Функция потерь в глубоком обучении с подкреплением.	2
16	6	История нейронных сетей и глубокого обучения.	2

5.2. Практические занятия, семинары

Не предусмотрены

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1-2	1	Кейс-задача от партнера: подготовка обучающего множества.	4
3-4	2	Кейс-задача от партнера: разработка и обучение глубокой нейронной сети прямого распространения.	4
5-6	3	Кейс-задача от партнера: анализ результатов обучения и оптимизация гиперпараметров.	4
7-9	4	Кейс-задача от партнера: разработка и обучение сверточной нейронной сети для анализа изображений	6
10-12	4	Кейс-задача от партнера: разработка и обучение рекуррентной нейронной сети для обнаружения аномалий временного ряда	6
13-14	5	Кейс-задача от партнера: разработка модели среды для обучения агента.	4
15-16	5	Кейс-задача от партнера: обучение агента путем аппроксимации оптимальной функции качества действия с помощью глубокой нейронной сети.	4

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Работа в студенческой исследовательской лаборатории "ИИ в системах поддержки принятия решений"	1. Sokolinsky L.B., Sokolinskaya I.M. Apex Method: A New Scalable Iterative Method for Linear Programming // Mathematics. 2023. Vol. 11, no. 7. Article number 1654. https://doi.org/10.3390/math11071654 . 2. Olkhovsky N.A., Sokolinsky L.B.	5	25

	AlFaMove: Scalable Implementation of Surface Movement Method for Cluster Computing Systems // Supercomputing Frontiers and Innovations. 2024. Vol. 11, No. 3. P. 4-26. https://doi.org/0.14529/jsfi240301 . 3. Olkhovsky N.A., Sokolinsky L.B. Visualizing Multidimensional Linear Programming Problems // Parallel Computational Technologies. PCT 2022. Communications in Computer and Information Science, vol. 1618. Cham: Springer, 2022. P. 172-196. https://doi.org/10.1134/10.1007/978-3-031-11623-0_13 . 4. Olkhovsky N.A., Sokolinsky L.B. Surface Movement Method for Linear Programming // Lobachevskii Journal of Mathematics. 2024. Vol. 45, No. 10. P. 5061-5079. https://doi.org/10.1134/S1995080224605745 .		
Подготовка к экзамену	Основная литература. Дополнительная литература.	5	10,5

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	5	Текущий контроль	Тест 1	1	3	Тест содержит три задания. Каждый правильный ответ оценивается 1 баллом. Продолжительность тестирования 30 мин. 3 балла: даны верные ответы на все вопросы теста. 2 балла: даны верные ответы на 2 вопроса теста. 1 балл: дан верный ответ на 1 вопрос теста. 0 баллов: верные ответы отсутствуют	экзамен
2	5	Текущий контроль	Тест 2	1	3	Тест содержит три задания. Каждый правильный ответ оценивается 1 баллом. Продолжительность тестирования 30 мин. 3 балла: даны верные ответы на все вопросы теста.	экзамен

						2 балла: даны верные ответы на 2 вопроса теста. 1 балл: дан верный ответ на 1 вопрос теста. 0 баллов: верные ответы отсутствуют	
3	5	Текущий контроль	Тест 3	1	3	Тест содержит три задания. Каждый правильный ответ оценивается 1 баллом. Продолжительность тестирования 30 мин. 3 балла: даны верные ответы на все вопросы теста. 2 балла: даны верные ответы на 2 вопроса теста. 1 балл: дан верный ответ на 1 вопрос теста. 0 баллов: верные ответы отсутствуют	экзамен
4	5	Текущий контроль	Тест 4	1	3	Тест содержит три задания. Каждый правильный ответ оценивается 1 баллом. Продолжительность тестирования 30 мин. 3 балла: даны верные ответы на все вопросы теста. 2 балла: даны верные ответы на 2 вопроса теста. 1 балл: дан верный ответ на 1 вопрос теста. 0 баллов: верные ответы отсутствуют	экзамен
5	5	Текущий контроль	Тест 5	1	0	Тест содержит три задания. Каждый правильный ответ оценивается 1 баллом. Продолжительность тестирования 30 мин. 3 балла: даны верные ответы на все вопросы теста. 2 балла: даны верные ответы на 2 вопроса теста. 1 балл: дан верный ответ на 1 вопрос теста. 0 баллов: верные ответы отсутствуют	экзамен
6	5	Текущий контроль	Тест 6	1	3	Тест содержит три задания. Каждый правильный ответ оценивается 1 баллом. Продолжительность тестирования 30 мин. 3 балла: даны верные ответы на все вопросы теста. 2 балла: даны верные ответы на 2 вопроса теста. 1 балл: дан верный ответ на 1 вопрос теста. 0 баллов: верные ответы отсутствуют	экзамен
7	5	Текущий	Лабораторная работа	2	4	4 балла: полностью выполнено	экзамен

		контроль	1			<p>практическое задание, даны правильные ответы на контрольные вопросы.</p> <p>3 балла: наличие незначительных ошибок, либо наличие существенной ошибки, исправленной студентом к следующему занятию.</p> <p>2 балла: частично выполненное задание, либо наличие существенной ошибки, которую не смог исправить студент к следующему занятию.</p> <p>1 балл: частично выполненное задание, в котором присутствуют существенные ошибки, не исправленные студентом к следующему занятию.</p> <p>0 баллов: задание не выполнено</p>	
8	5	Текущий контроль	Лабораторная работа 2	2	4	<p>4 балла: полностью выполнено практическое задание, даны правильные ответы на контрольные вопросы.</p> <p>3 балла: наличие незначительных ошибок, либо наличие существенной ошибки, исправленной студентом к следующему занятию.</p> <p>2 балла: частично выполненное задание, либо наличие существенной ошибки, которую не смог исправить студент к следующему занятию.</p> <p>1 балл: частично выполненное задание, в котором присутствуют существенные ошибки, не исправленные студентом к следующему занятию.</p> <p>0 баллов: задание не выполнено</p>	экзамен
9	5	Текущий контроль	Лабораторная работа 3	2	4	<p>4 балла: полностью выполнено практическое задание, даны правильные ответы на контрольные вопросы.</p> <p>3 балла: наличие незначительных ошибок, либо наличие существенной ошибки, исправленной студентом к следующему занятию.</p> <p>2 балла: частично выполненное задание, либо наличие существенной ошибки, которую не смог исправить студент к следующему занятию.</p> <p>1 балл: частично выполненное задание, в котором присутствуют существенные ошибки, не</p>	экзамен

						исправленные студентом к следующему занятию. 0 баллов: задание не выполнено	
10	5	Текущий контроль	Лабораторная работа 4	2	4	4 балла: полностью выполнено практическое задание, даны правильные ответы на контрольные вопросы. 3 балла: наличие незначительных ошибок, либо наличие существенной ошибки, исправленной студентом к следующему занятию. 2 балла: частично выполненное задание, либо наличие существенной ошибки, которую не смог исправить студент к следующему занятию. 1 балл: частично выполненное задание, в котором присутствуют существенные ошибки, не исправленные студентом к следующему занятию. 0 баллов: задание не выполнено	экзамен
11	5	Текущий контроль	Лабораторная работа 5	2	4	4 балла: полностью выполнено практическое задание, даны правильные ответы на контрольные вопросы. 3 балла: наличие незначительных ошибок, либо наличие существенной ошибки, исправленной студентом к следующему занятию. 2 балла: частично выполненное задание, либо наличие существенной ошибки, которую не смог исправить студент к следующему занятию. 1 балл: частично выполненное задание, в котором присутствуют существенные ошибки, не исправленные студентом к следующему занятию. 0 баллов: задание не выполнено	экзамен
12	5	Текущий контроль	Лабораторная работа 6	2	4	4 балла: полностью выполнено практическое задание, даны правильные ответы на контрольные вопросы. 3 балла: наличие незначительных ошибок, либо наличие существенной ошибки, исправленной студентом к следующему занятию. 2 балла: частично выполненное задание, либо наличие существенной ошибки, которую не смог исправить студент к	экзамен

						<p>следующему занятию. 1 балл: частично выполненное задание, в котором присутствуют существенные ошибки, не исправленные студентом к следующему занятию. 0 баллов: задание не выполнено</p>	
13	5	Промежуточная аттестация	Итоговый тест	-	13	<p>Тест содержит 13 равнозначных вопросов и рассчитан на 45 мин. Дается две попытки. Вторая попытка не зависит от первой. Количество баллов равно количеству правильных ответов на вопросы теста.</p>	экзамен
14	5	Бонус	Выступление с докладом на семинаре студенческой исследовательской лаборатории по гибриднему ИИ в системах поддержки принятия решений..	-	15	<p>За одно выступление с докладом начисляется 5 баллов.</p>	экзамен

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	<p>Оценка за дисциплину формируется на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля следующим образом: • Отлично: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 85...100 %. • Хорошо: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 75...84 %. • Удовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 60...74 %. • Неудовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0...59 %. Если студент согласен с оценкой, полученной по результатам текущего контроля, то он может в день, предшествующий промежуточной аттестации дать свое согласие в личном кабинете. В случае явки студента на промежуточную аттестацию, давшего свое согласие на оценку в личном кабинете, студент имеет право пройти мероприятия текущего контроля по дисциплине на промежуточной аттестации для улучшения своего рейтинга в день ее проведения. Снижение оценки в этом случае запрещено. Если студент не дал согласия в личном кабинете, то он может согласиться с оценкой лично на промежуточной аттестации в день ее проведения. Если студент не согласен с оценкой, то он имеет право пройти контрольно-рейтинговые мероприятия на промежуточной аттестации для улучшения своего рейтинга в день ее проведения. Фиксация результатов учебной деятельности по дисциплине проводится в день промежуточной аттестации на основе согласия студента, данного им в личном кабинете. При отсутствии согласия в журнале дисциплины фиксация</p>	<p>В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения</p>

	<p>результатов происходит при личном присутствии студента. Если студент не дал согласие в личном кабинете и не явился на промежуточную аттестацию – ему выставляется «неявка». Промежуточная аттестация проводится в форме тестирования. Тестирование проводится в системе edu.susu.ru. Тест содержит 9 вопросов. На выполнение теста дается 45 минут. В этом случае оценка за дисциплину рассчитывается на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации.</p>	
--	--	--

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
ПК-14	Знает: - [И-2, СУ] стандартные метрики оценки качества (accuracy, F1, ROC-AUC)			+											+	
ПК-14	Умеет: - [И-2, СУ] использовать стандартные метрики оценки качества (accuracy, F1, ROC-AUC) и сопоставлять базовые модели между собой			+						+					+	
ПК-20	Знает: - [И-1, СУ] принцип и алгоритмы градиентного спуска	++			++										+	
ПК-20	Умеет: - [И-1, СУ] применять регуляризацию и прореживание; выбирать размер пакета для стохастического градиентного спуска [И-2, БУ] применять основные архитектуры глубокого обучения (VGG, ResNet)	++			++			++		+	+				+	
ПК-20	Имеет практический опыт: - [И-1, СУ] выбора и задания скорости обучения и функции потерь в зависимости от задачи и набора данных							++		+	+					
ПК-23	Знает: - [И-1, СУ] TD-методы и методы Монте-Карло для обучения агента						+								+	
ПК-23	Умеет: - [И-1, СУ] задавать цель агента с помощью полного вознаграждения, вознаграждения с обесценением, лямбда-дохода						+								+	+
ПК-23	Имеет практический опыт: - [И-1, СУ] использования TD-методов и методов Монте-Карло для обучения агента														+	
ПК-25	Умеет: - [И-1, БУ] проводить аппроксимацию функции ценности агента с помощью глубоких нейронных сетей; реализовать поиск по дереву методом Монте-Карло														+	+
ПК-25	Имеет практический опыт: - [И-2, БУ] создания агентной системы с помощью глубоких нейронных сетей на основе обучения с подкреплением														+	

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

Не предусмотрена

б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Вестник Южно-Уральского государственного университета.
Серия: Вычислительная математика и информатика / Юж.-Урал. гос. ун-т;
ЮУрГУ. - Челябинск : Издательство ЮУрГУ, 2012-. - URL:
<http://vestnik.susu.ac.ru/>

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Сузи Р. А. Язык программирования Python : Учеб. пособие / Р. А. Сузи. - М. : Интернет-Университет Информационных Технологий : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. - 326 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Сузи Р. А. Язык программирования Python : Учеб. пособие / Р. А. Сузи. - М. : Интернет-Университет Информационных Технологий : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. - 326 с.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	ЭБС издательства Лань	Гудфеллоу, Я. Глубокое обучение / Я. Гудфеллоу, И. Бенджио, А. Курвилль ; перевод с английского А. А. Слинкина. — 2-е изд. — Москва : ДМК Пресс, 2018. — 652 с. — ISBN 978-5-97060-618-6. https://e.lanbook.com/book/107901
2	Основная литература	ЭБС издательства Лань	Саттон, Р. С. Обучение с подкреплением: введение : руководство / Р. С. Саттон, Э. Д. Барто ; перевод с английского А. А. Слинкина. — Москва : ДМК Пресс, 2020. — 552 с. — ISBN 978-5-97060-097-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. https://e.lanbook.com/book/179453
3	Дополнительная литература	ЭБС издательства Лань	Шолле, Ф. Глубокое обучение с R и Keras / Ф. Шолле ; перевод с английского В. С. Яценкова. — Москва : ДМК Пресс, 2023. — 646 с. — ISBN 978-5-93700-189-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. https://e.lanbook.com/book/315488
4	Дополнительная литература	ЭБС издательства Лань	Антонио, Д. Библиотека Keras – инструмент глубокого обучения. Реализация нейронных сетей с помощью библиотек Theano и TensorFlow / Д. Антонио, П. Суджит ; перевод с английского А. А. Слинкин. — Москва : ДМК Пресс, 2018. — 294 с. — ISBN 978-5-97060-573-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. https://e.lanbook.com/book/111438
5	Дополнительная литература	ЭБС издательства Лань	Лю, Ю. Обучение с подкреплением на PyTorch. Сборник рецептов : руководство / Ю. Лю ; перевод с английского А. А. Слинкина. — Москва : ДМК Пресс, 2020. — 282 с. — ISBN 978-5-97060-853-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. https://e.lanbook.com/book/179493

6	Журналы	eLIBRARY.RU	Sokolinsky L.B., Sokolinskaya I.M. Apex Method: A New Scalable Iterative Method for Linear Programming // Mathematics. 2023. Vol. 11, no. 7. Article number 1654. https://doi.org/10.3390/math11071654 . https://www.elibrary.ru/item.asp?id=53863884
7	Журналы	eLIBRARY.RU	Olkhovsky N.A., Sokolinsky L.B. Surface Movement Method for Linear Programming // Lobachevskii Journal of Mathematics. 2024. Vol. 45, No. 10. P. 5061-5079. https://doi.org/10.1134/S1995080224605745 . https://www.elibrary.ru/item.asp?id=80381858
8	Журналы	eLIBRARY.RU	Olkhovsky N.A., Sokolinsky L.B. AlFaMove: Scalable Implementation of Surface Movement Method for Cluster Computing Systems // Supercomputing Frontiers and Innovations. 2024. Vol. 11, No. 3. P. 4-26. https://doi.org/10.14529/jsfi240301 . https://www.elibrary.ru/item.asp?id=75100985

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. -Python(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лабораторные занятия	110 (3Г)	Компьютерный класс
Экзамен	110 (3Г)	Компьютерный класс
Лекции	484 (3)	Проектор, компьютер