

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»
Высшая школа компьютерных наук и искусственного интеллекта

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Обучение с подкреплением

Шифр: 02.03.02

**Направление подготовки: Фундаментальная информатика и информационные
технологии**

Профиль: Программная инженерия в искусственном интеллекте

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Калининград
2023

Лист согласования

Составитель: Верещагин Михаил Дмитриевич, к.ф.-м.н, директор Высшей школы компьютерных наук и искусственного интеллекта

Рабочая программа утверждена на заседании Учебно-методического совета (УМС)

Протокол № 33 от «27» октября 2023 г.

Профессор, д.ф.-м.н.,
руководитель ОНК «Институт высоких технологий»

А.В. Юров

Директор высшей школы компьютерных наук
и искусственного интеллекта

М.Д. Верещагин

Руководитель ОПОП ВО

С.С. Головин

Содержание

1. Наименование дисциплины «Обучение с подкреплением».
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
4. Виды учебной работы по дисциплине.
5. Содержание дисциплины, в том числе практической подготовки в рамках дисциплины, структурированное по темам.
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
7. Методические рекомендации по видам занятий
8. Фонд оценочных средств
 - 8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины
 - 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля
 - 8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине
 - 8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания
9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1.Наименование дисциплины: Обучение с подкреплением.

Цель дисциплины: формирования у студентов навыков решения прикладных задач при помощи глубоких нейронных сетей.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенции	Результаты освоения образовательной программы (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
ПК-6. Способен создавать и поддерживать системы искусственного интеллекта на основе нейросетевых моделей и методов	ПК-6.1. Осуществляет оценку и выбор моделей искусственных нейронных сетей и инструментальных средств для решения поставленной задачи ПК-6.2. Разрабатывает системы искусственного интеллекта на основе моделей искусственных нейронных сетей и инструментальных средств	Знать: базовые архитектуры и модели искусственных нейронных сетей, функциональность современных инструментальных средств и систем программирования в области создания моделей искусственных нейронных сетей ПК-6.1. Уметь: проводить оценку и выбор моделей искусственных нейронных сетей и инструментальных средств для решения задачи машинного обучения, применять современные инструментальные средства и системы программирования для разработки и обучения моделей искусственных нейронных сетей Владеть: принципами построения систем искусственного интеллекта на основе искусственных нейронных сетей, методы и подходы к планированию и реализации проектов по созданию систем искусственного интеллекта в том числе в условиях малого количества данных

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

«Обучение с подкреплением» представляет собой дисциплину обязательной части (Б1.В.ДВ.06) направления подготовки бакалавриата 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии», профиль «Программная инженерия в искусственном интеллекте».

4. Виды учебной работы по дисциплине.

Виды учебной работы по дисциплине зафиксированы учебным планом основной профессиональной образовательной программы по указанному направлению и профилю, выражаются в академических часах. Часы контактной работы и самостоятельной работы обучающегося и часы, отводимые на процедуры контроля, могут различаться в учебных планах ОПОП по формам обучения. Объем контактной работы включает часы контактной аудиторной работы (лекции/практические занятия/ лабораторные работы), контактной внеаудиторной работы (контроль самостоятельной работы), часы контактной работы в период аттестации. Контактная работа, в том числе может проводиться посредством электронной информационно-образовательной среды университета с использованием ресурсов сети Интернет и дистанционных технологий

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане). Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплин
•	Тема 1. Введение в дисциплину. Применение нейросетевого моделирования к решению задач математической физики	Постановка задачи. Описание основных положений технологии для решения задач математического моделирования на основе радиационно-базисных сетей и нормализованных радиально-базисных сетей

•	Тема 2. Нейросетевое моделирование стационарных процессов переноса	Методы построения нейросетевых моделей стационарных процессов переноса в физических системах. Примеры.
•	Тема 3. Нейросетевые алгоритмы моделирования нестационарных процессов переноса. Гибридный подход.	Методы построения нейросетевых моделей нестационарных процессов переноса в физических системах при наличии разнородной информации на основе нормализованных радиально-базисных сетей. Гибридный разностно-нейросетевой метод. Сравнение прямого и гибридного методов. Примеры
•	Тема 4. Применение методологии быстрого автоматического дифференцирования при решении задач математической физики.	Два подхода к дифференцированию в технологии БАД. "Прямое" дифференцирование, "обратное" дифференцирование. Сравнение технологии БАД с другими методами вычисления производных (конечных разностей и символьного дифференцирования). Примеры.
•	Тема 5. Нейросетевые алгоритмы решения обратных задач (задач идентификации)	Постановка двух типов обратных задач. Идентификация правой части дифференциального уравнения, идентификация граничного условия. Методика решения. Примеры.
•	Тема 6. Применение машинного обучения для параметризации Гамильтониана электронной системы в приближении сильной связи (ПСС).	Расчеты электронных характеристик материалов в приближении сильной связи (ПСС). Гамильтониан электронной системы в ПСС. Параметризации Гамильтониана ПСС на примере одномерной (1D) периодической системы и однородной одномерной неперидической системы.
•	Тема 7. Моделирование металл-оксидного полупроводникового полевого транзистора на основе InSe (MOSFET).	Пример исследования квантового транспорта в полупроводниковых устройствах на основе 2D-InSe с помощью гамильтониана ПСС, сгенерированного методом машинного обучения.
•	Тема 8. Применение нейронных сетей для решения задач дискретной оптимизации	Задача о максимальном разрезе в графе. Известные подходы к решению задачи. Алгоритмы квантовой оптимизации для решения оптимизационных задач
•	Тема 9. Применение подхода NQS (представление волновой функции нейронной сетью) для решения задач квантовой механики.	Основные идеи подхода NQS. NQS как задача оптимизации. Итеративный подход NQS. Применение NQS для задачи о разрезе в графе. Обучение NQS графа на 60 и графа на 100 вершинах.

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Рекомендуемая тематика учебных занятий лекционного типа
(предусматривающих преимущественную передачу учебной информации преподавателями):

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Тема лекции
•	Тема 1. Ведение в дисциплину. Применение нейросетевого моделирования к решению задач математической физики	Лекция 1 «Ведение в дисциплину. Применение нейросетевого моделирования к решению задач математической физики»
•	Тема 2. Нейросетевое моделирование стационарных процессов переноса	Лекция 2 «Нейросетевое моделирование стационарных процессов переноса»
•	Тема 3. Нейросетевые алгоритмы моделирования нестационарных процессов переноса. Гибридный подход.	Лекция 3 «Нейросетевые алгоритмы моделирования нестационарных процессов переноса. Гибридный подход»
•	Тема 4. Применение методологии быстрого автоматического дифференцирования при решении задач математической физики.	Лекция 4 «Применение методологии быстрого автоматического дифференцирования при решении задач математической физики.»
•	Тема 5. Нейросетевые алгоритмы решения обратных задач (задач идентификации)	Лекция 5 «Нейросетевые алгоритмы решения обратных задач (задач идентификации)»
•	Тема 6. Применение машинного обучения для параметризации Гамильтониана электронной системы в приближении сильной связи (ПСС).	Лекция 6 «Применение машинного обучения для параметризации Гамильтониана электронной системы в приближении сильной связи (ПСС).»
•	Тема 7. Моделирование металл-оксидного полупроводникового полевого транзистора на основе InSe (MOSFET).	Лекция 7 «Моделирование металл-оксидного полупроводникового полевого транзистора на основе InSe (MOSFET).»
•	Тема 8. Применение нейронных сетей для решения задач дискретной оптимизации	Лекция 8 «Применение нейронных сетей для решения задач дискретной оптимизации»
•	Тема 9. Применение подхода NQS (представление волновой функции нейронной сетью) для решения задач квантовой механики.	Лекция 9 «Применение подхода NQS (представление волновой функции нейронной сетью) для решения задач квантовой механики.»

Рекомендуемая тематика практических занятий:

1. Ведение в дисциплину. Применение нейросетевого моделирования к решению задач математической физики
2. Нейросетевое моделирование стационарных процессов переноса

3. Нейросетевые алгоритмы моделирования нестационарных процессов переноса. Гибридный подход.
4. Применение методологии быстрого автоматического дифференцирования при решении задач математической физики.
5. Нейросетевые алгоритмы решения обратных задач (задач идентификации)
6. Применение машинного обучения для параметризации Гамильтониана электронной системы в приближении сильной связи (ПСС).
7. Моделирование металл-оксидного полупроводникового полевого транзистора на основе InSe (MOSFET).
8. Применение нейронных сетей для решения задач дискретной оптимизации
9. Применение подхода NQS (представление волновой функции нейронной сетью) для решения задач квантовой механики.

Требования к самостоятельной работе обучающихся

1. Работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

2. Выполнение домашнего задания, предусматривающего решение задач, выполнение упражнений, выдаваемых на лабораторных занятиях, по всем темам из п. 6 настоящей рабочей программы.

Руководствуясь положениями статьи 47 и статьи 48 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» научно-педагогические работники и иные лица, привлекаемые университетом к реализации данной образовательной программы, пользуются предоставленными академическими правами и свободами в части свободы преподавания, свободы от вмешательства в профессиональную деятельность; свободы выбора и использования педагогически обоснованных форм, средств, методов обучения и воспитания; права на творческую инициативу, разработку и применение авторских программ и методов обучения и воспитания в пределах реализуемой образовательной программы и отдельной дисциплины.

Исходя из рамок, установленных учебным планом по трудоемкости и видам учебной работы по дисциплине, преподаватель самостоятельно выбирает тематику занятий по формам и количеству часов проведения контактной работы: лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации преподавателем и (или) занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), и (или) групповые консультации, и (или) индивидуальную работу обучающихся с преподавателем, в том числе индивидуальные консультации (по курсовым работам/проектам – при наличии курсовой работы/проекта по данной дисциплине в учебном плане).

Рекомендуемая тематика занятий максимально полно реализуется в контактной работе с обучающимися очной формы обучения. В случае реализации образовательной программы в заочной / очно-заочной форме трудоемкость дисциплины сохраняется, однако объем учебного материала в значительной части осваивается обучающимися в форме самостоятельной работы. При этом требования к ожидаемым образовательным

результатам обучающихся по данной дисциплине не зависят от формы реализации образовательной программы.

7. Методические рекомендации по видам занятий

Лекционные занятия.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия. Вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Лабораторные занятия.

На лабораторных занятиях в зависимости от темы занятия выполняется поиск информации по решению проблем, практические упражнения, контрольные работы, выработка индивидуальных или групповых решений, итоговое обсуждение с обменом знаниями, участие в круглых столах, разбор конкретных ситуаций, командная работа, представление портфолио и т.п.

Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, эмпирических данных по публикациям и конкретных ситуаций из практики, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

8. Фонд оценочных средств

8.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой тем учебных занятий. Изучение каждой темы предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций.

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Тема 1. Введение в дисциплину.	ПК-6	Опрос

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или её части)	Оценочные средства по этапам формирования компетенций
		текущий контроль по дисциплине
Применение нейросетевого моделирования к решению задач математической физики		
Тема 2. Нейросетевое моделирование стационарных процессов переноса	ПК-6	Опрос
Тема 3. Нейросетевые алгоритмы моделирования нестационарных процессов переноса. Гибридный подход.	ПК-6	Опрос
Тема 4. Применение методологии быстрого автоматического дифференцирования при решении задач математической физики.	ПК-6	Опрос
Тема 5. Нейросетевые алгоритмы решения обратных задач (задач идентификации)	ПК-6	Опрос
Тема 6. Применение машинного обучения для параметризации Гамильтониана электронной системы в приближении сильной связи (ПСС).	ПК-6	Опрос
Тема 7. Моделирование металл-оксидного полупроводникового полевого транзистора на основе InSe (MOSFET).	ПК-6	Опрос
Тема 8. Применение нейронных сетей для решения задач дискретной оптимизации	ПК-6	Опрос
Тема 9. Применение подхода NQS (представление волновой функции нейронной сетью) для решения задач квантовой механики.	ПК-6	Опрос

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности процессе текущего контроля

В качестве оценочных средств текущего контроля успеваемости предусмотрены:

Практические занятия

1. Применение нейросетевого моделирования для решения задач математической физики. Преимущества и недостатки нейросетевого подхода.

2. Построение решения стационарных задач математической физики с помощью нейросетевой методологии на основе радиально базисных сетей. Нормализованные радиально базисные сети.
3. Обучение нейросетевых моделей для решения задач математической физики, выбор алгоритмов оптимизации для подбора параметров аппроксимирующих моделей.
4. Построение решения нестационарных задач математической физики с помощью нейросетевой методологии на основе радиально базисных сетей. Прямой и гибридный нейросетевой-конечно-разностный подходы, сравнение.
5. Построение решения обратных задач математической физики с помощью нейросетевой методологии на основе радиально базисных сетей. Решение задачи идентификации источников члена. Решение задачи восстановления теплового потока.
6. Подход быстрого автоматического дифференцирования. Автоматическое дифференцирование в прямом и обратном режиме, разбор примеров.
7. Расчеты электронных характеристик материалов в приближении сильной связи (ПСС). Гамильтониан электронной системы в ПСС. Применение подходов машинного обучения для параметризации Гамильтониана в ПСС.
8. Применение подхода NQS (представление волновой функции нейронной сетью) для решения задач квантовой механики.

Примеры тестовых заданий

1. Какое из следующих утверждений относительно нейросетевого моделирования для решения задач математической физики на основе радиально-базисных сетей является наиболее точным?

А. Применение подхода нейросетевого моделирования для решения задач математической физики позволяет получить непрерывное аппроксимированное решение изначальной задачи.

Б. Применение подхода нейросетевого моделирования для решения задач математической физики дает кусочно-непрерывное решение изначальной задачи.

В. Применение подхода нейросетевого моделирования для решения задач математической физики в результате дает набор точечных значений решения исходной задачи.

Ответ: А

2. Какие из следующих утверждений относительно нейросетевого подхода для решения задач математической физики представляется наиболее верным?

А. Нейросетевой подход позволяет получить более точные решения, по сравнению с классическими методами типа конечных разностей, конечных элементов и т. п.

Б. Нейросетевой подход позволяет избежать экспоненциального роста сложности при увеличении размерности пространства рассматриваемой задачи.

В. Нейросетевой подход быстрее метода конечных разностей.

Ответ: Б

3. Какие методы оптимизации предпочтительны для подбора параметров радиально-базисной сети для решения задач математической физики.

А. Симплекс-метод.

- Б. Методы сопряженных градиентов.
 - В. Квазиньютоновские методы.
 - Г. Метод наискорейшего спуска.
- Ответ: Б, В

4. В чем смысл применения подходов глобальной оптимизации при подборе параметров радиально-базисной сети для решения задач математической физики.
- А. Методы глобальной оптимизации обладают лучшей скоростью вычислений по сравнению с методами локальной оптимизации.
 - Б. Методы глобальной оптимизации более теоретически проработаны чем методы локальной оптимизации.
 - В. Применение методов глобальной оптимизации совместно с методами локальной оптимизации позволяет избегать попадания процесса обучения в локальный экстремум, что в результате может привести к более точному решению задачи.
- Ответ: В

5. Какие преимущества дает подход быстрого автоматического дифференцирования перед символьными и конечно-разностными методами
- А. Методы автоматического дифференцирования не подвержены численным ошибкам связанным с дискретизацией области
 - Б. Методы автоматического дифференцирования позволяют вычислять производные по точечным значениям, когда неизвестна исходная функция.
 - В. Методы автоматического дифференцирования позволяют за одно и тоже время вычислить первые, вторые, третьи и т. д. производные от любых аргументов.
- Ответ: А

6. Какое утверждение о применении машинного обучения для параметризации Гамильтониана электронной системы в приближении сильной связи верно
- А. Методы машинного обучения позволяют для параметризации Гамильтониана автоматически предоставляют полную информацию о фоновых модах
 - Б. Методы машинного обучения применимы для любой системы материалов с доступными данными о зонной структуре
 - В. Методы машинного обучения неприменимы для параметризации Гамильтониана электронной системы в приближении сильной связи
- Ответ: Б

7. Какое утверждение о подходе NQS (Neural Quantum States) представляется верным
- А. В результате решения NQS будет получена аппроксимация волновой функции, которая делала бы наиболее вероятным состояние с минимальной энергией
 - Б. В результате решения NQS будет получена аппроксимация волновой функции, которая делала бы наиболее вероятным состояние с максимальной энергией
 - В. В результате решения NQS будет получена аппроксимация волновой функции, которая делала бы наиболее вероятным состояние с минимальным магнитным моментом
 - Г. В результате решения NQS будет получена аппроксимация волновой функции, которая делала бы наиболее вероятным состояние с максимальным магнитным моментом
- Ответ: А

8.3. Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации по дисциплине

Вопросы к экзамену

1. Решение стационарных задач математической физики на основе радиационно-базисных сетей и нормализованных радиально-базисных сетей, дискретный квадратичный функционал ошибки.
2. Прямой подход решения нестационарных задач математической физики на основе радиационно-базисных сетей и нормализованных радиально-базисных сетей на примере параболических задач, дискретный квадратичный функционал ошибки.
3. Гибридный конечно-разностный подход решения нестационарных задач математической физики на основе радиационно-базисных сетей и нормализованных радиально-базисных сетей на примере параболических задач, дискретный квадратичный функционал ошибки.
4. Решение задач идентификации источника члена в задачах математической физики на основе радиационно-базисных сетей и нормализованных радиально-базисных сетей, дискретный квадратичный функционал ошибки.
5. Решение задач идентификации теплового потока в задачах математической физики на основе радиационно-базисных сетей и нормализованных радиально-базисных сетей, дискретный квадратичный функционал ошибки.
6. Методы оптимизации для подбора параметров нейросетевых моделей для решения задач математической физики.
7. Быстрое автоматическое дифференцирование, прямой ход, примеры.
8. Быстрое автоматическое дифференцирование, обратный ход, примеры.
9. Расчеты электронных характеристик материалов в приближении сильной связи (ПСС). Гамильтониан электронной системы в ПСС. Применение машинного обучения для параметризации Гамильтониана электронной системы в приближении сильной связи.
10. Применение подхода NQS (представление волновой функции нейронной сетью) для решения задач квантовой механики.

8.4. Планируемые уровни сформированности компетенций обучающихся и критерии оценивания

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Пятибалльная шкала (академическая) оценка	Двухбалльная шкала, зачет	БРС, % освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического и прикладного характера на основе изученных методов, приемов,	отлично	зачтено	86-100

		технологий			
Базовый	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу с большей степени самостоятельности и инициативы	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	хорошо		71-85
Удовлетворительный (достаточный)	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретически и практически контролируемого материала	удовлетворительно		55-70
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		неудовлетворительно	не зачтено	Менее 55

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Основная литература

1. Саттон, Р. С. Обучение с подкреплением: введение : практическое руководство / Р. С. Саттон, Э. Барто ; пер. с англ. А. А. Слинкина. - Москва : ДМК Пресс, 2020. - 552 с. - ISBN 978-5-97060-097-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1210617> (дата обращения: 18.11.2023). – Режим доступа: по подписке.
2. Лю, Ю. Х. Обучение с подкреплением на PyTorch: сборник рецептов : практическое руководство / Ю. Х. Лю ; пер. с англ. А. А. Слинкина. - Москва : ДМК Пресс, 2020. - 282 с. - ISBN 978-5-97060-853-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1210697> (дата обращения: 18.11.2023). – Режим доступа: по подписке.
3. Лонца, А. Алгоритмы обучения с подкреплением на Python : практическое руководство / А. Лонца ; пер. с англ. А. А. Слинкина. - Москва : ДМК Пресс, 2020. - 286 с. - ISBN 978-5-97060-855-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1210701> (дата обращения: 18.11.2023). – Режим доступа: по подписке.
4. Моралес Мигель. Грокаем глубокое обучение с подкреплением. - (Серия «Библиотека программиста»). - Санкт-Петербург : Питер, 2023. - 464 с. - ISBN 978-5-4461-3944-6. - URL: <https://ibooks.ru/bookshelf/391741/reading> (дата обращения: 18.11.2023). - Текст: электронный.

Дополнительная литература

1. Харрисон У. Электронная структура и свойства твердых тел. М.: Мир. 1983.
2. Бакаев А.В. Расчеты электронных характеристик материалов в приближении сильной связи// Препринт Вычислительный центр РАН «Математическое моделирование композиционных объектов». Москва 1994. С.102-112.

10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания
- eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций
- Гребенников Электронная библиотека ИД журналы
- ЭБС Консультант студента
- ПРОСПЕКТ ЭБС
- ЭБС ZNANIUM.COM
- ЭБС IBOOKS.RU
- РГБ Информационное обслуживание по МБА
- БЕН РАН
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантиана (<https://elib.kantiana.ru/>)

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Программное обеспечение обучения включает в себя:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта – www.lms.kantiana.ru, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- корпоративная платформа;
- установленное на рабочих местах обучающихся ПО: Microsoft Windows 10, Microsoft Office Standart 2010, антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security.
- GNU C++;
- Oracle Java;
- Deductor.
- среда разработки (JVE), компилятор (JVK) и виртуальная машина для исполнения кода (JVM) фирмы Oracle.
- Python 2.7.15 (Anaconda2 5.2.0 64-bit)
- Python 3.6.5 (Anaconda3 5.2.0 64-bit)

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для проведения занятий лекционного типа, практических и семинарских занятий используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные техническими средствами обучения – мультимедийной проекционной техникой. Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования.

Для проведения лабораторных работ, (практических занятий – при необходимости) используются специальные помещения (учебные аудитории), оснащенные специализированным лабораторным оборудованием: персональными компьютерами с возможностью выхода в интернет и с установленным программным обеспечением, заявленным в п.11.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются специальные помещения (учебные аудитории), оборудованные специализированной мебелью (для обучающихся), меловой / маркерной доской.

Для организации самостоятельной работы обучающимся предоставляются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья университетом могут быть представлены специализированные средства обучения, в том числе технические средства коллективного и индивидуального пользования.