

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Механико-математический факультет

 **УТВЕРЖДАЮ**
декан механико-
математического факультета
/А.И. Шафаревич /
«14» октября 2021г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:
Машинное обучение и нейронные сети

Уровень высшего образования:
магистратура

Направление подготовки / специальность:
02.04.01 "Математика и компьютерные науки" (3++)

Направленность (профиль) ОПОП:
Цифровые технологии и искусственный интеллект

Форма обучения:
очная

Рабочая программа рассмотрена и утверждена
на заседании Ученого совета Механико-математического факультета
(протокол №7, от 14 октября 2021 года)

Москва 2021

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 02.04.01 "Математика и компьютерные науки" утвержденного Приказом Министерства образования и науки РФ от 10 января 2018 г. N 13.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО:
дисциплина относится к вариативной части ОПОП ВО.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть): отсутствуют.

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю):

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
Содержание и код компетенции.	Индикатор (показатель) достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, сопряженные с индикаторами достижения компетенций
ОПК-3. Способен самостоятельно создавать прикладные программные средства на основе современных информационных технологий и сетевых ресурсов, в том числе отечественного производства	ОПК-3.1 Создает прикладные программные средства на основе современных информационных технологий и сетевых ресурсов	ОПК-3.1. 3-2. Знает теорию машинного обучения и нейронных сетей ОПК-3.1. У-2. Умеет адаптировать с целью практического теории машинного обучения и нейронных сетей для решения прикладных задач
ОПК-4. Способен разрабатывать алгоритмы и программные средства для решения задач в области создания и применения искусственного интеллекта	ОПК-4.2. Разрабатывает оригинальные программные средства для решения задач в области создания и применения искусственного интеллекта	ОПК-4.2. 3-1. Знает принципы разработки оригинальных программных средств для решения профессиональных задач ОПК-4.2. У-1. Умеет разрабатывать оригинальные программные средства для решения задач в области создания и применения искусственного интеллекта
ОПК-9. Способен создавать и применять методы распределённого искусственного интеллекта для создания интеллектуальных сред и семантического веба.	ОПК-9.1. Применяет методы распределенного искусственного интеллекта для создания многоагентных систем.	ОПК-9.1. 3-1. Знает структуры, архитектуры, виды обучения, протоколы многоагентных систем, методы многоагентного программирования. ОПК-9.1. У-1. Умеет проектировать и строить многоагентные системы для всех типов протоколов на базе объяснимые модели для всех типов протоколов и типов агентов – когнитивных, реактивных, делиберативных, владеет языками программирования многоагентных систем и онтологическими

		моделями для представления знаний в многоагентных системах. Умеет применять многоагентные технологии для мобильных сетевых агентов, в том числе, в рамках интернета вещей, моделирования сложных распределённых систем (индустриальных, мобильных и др.)
ПК-2. Способен выбирать, разрабатывать и проводить экспериментальную проверку работоспособности программных компонентов систем искусственного интеллекта по обеспечению требуемых критериев эффективности и качества функционирования	ПК-2.1. Выбирает и разрабатывает программные компоненты систем искусственного интеллекта ПК-2.2. Проводит экспериментальную проверку работоспособности систем искусственного интеллекта	ПК-2.1. 3-1. Знает основные критерии эффективности и качества функционирования системы искусственного интеллекта: точность, релевантность, достоверность, целостность, быстрота решения задач, надёжность, защищённость функционирования систем искусственного интеллекта ПК-2.1. 3-2. Знает методы, языки и программные средства разработки программных компонентов систем искусственного интеллекта ПК-2.1. У-1. Умеет выбирать, адаптировать, разрабатывать и интегрировать программные компоненты систем искусственного интеллекта с учетом основных критериев эффективности и качества функционирования ПК-2.2. 3-1. Знает методы постановки задач, проведения и анализа тестовых и экспериментальных испытаний работоспособности систем искусственного интеллекта ПК-2.2. У-1. Умеет ставить задачи и проводить тестовые и экспериментальные испытания работоспособности систем искусственного интеллекта анализировать результаты и вносить изменения

ПК-5. Способен руководить проектами по созданию, поддержке и использованию системы искусственного интеллекта на основе нейросетевых моделей и методов	ПК-5.2. Руководит созданием систем искусственного интеллекта на основе моделей искусственных нейронных сетей и инструментальных средств ПК-5.3. Руководит проектами по разработке систем искусственного интеллекта на основе моделей глубоких нейронных сетей и нечетких моделей и методов	ПК-5.2. 3-1. Знает принципы построения систем искусственного интеллекта на основе искусственных нейронных сетей, методы и подходы к планированию и реализации проектов по созданию систем искусственного интеллекта ПК-5.2. У-1. Умеет руководить выполнением коллективной проектной деятельности для создания, поддержки и использования систем искусственного интеллекта на основе искусственных нейронных сетей ПК-5.3. 3-1. Знает принципы построения моделей глубоких нейронных сетей и глубокого машинного обучения (с подкреплением и без) ПК-5.3. 3-2. Знает подходы к применению моделей на основе нечеткой логики в системах искусственного интеллекта ПК-5.3. У-1. Умеет руководить выполнением коллективной проектной деятельности для создания, поддержки и использования систем искусственного интеллекта на основе моделей глубоких нейронных сетей и нечетких моделей и методов
---	---	---

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 3 з.е., в том числе 36 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 72 академических часа на самостоятельную работу обучающихся..

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий:

5.1. Структура дисциплины (модуля) по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий (в строгом соответствии с учебным планом)

	Номинальные трудозатраты обучающегося
--	--

Наименование разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, ак. ч.				Самостоятельная работа, ак. ч.
	Всего, ак. ч.	Ауд., ак. ч.	Лекции*, ак. ч.	Семинары*, прак., ак. ч.	
Теория машинного обучения	6	2	2, опрос		4
Предобработка данных	6	2	2, опрос		4
Регрессия	6	2	2, опрос		4
Временные ряды	6	2	2, опрос		4
Классификация	6	2	2, опрос		4
Решающие деревья и случайный лес	6	2	2, опрос		4
Оптимизация	6	2	2, опрос		4
Бустинг. Стекинг	6	2	2, опрос		4
Кластеризация	7	3	3, опрос		4
Проект: Учим разделять спирали	8	2	2, опрос		6
Введение в Deep Learning	6	2	2, опрос		4
Практика с основными фреймворками	9	3	3, опрос		6
Сверточные нейронные сети	6	2	2, опрос		4
Задача оптимизации	6	2	2, опрос		4
Finetuning & Transfer Learning	6	2	2, опрос		4
Обучение с подкреплением (Reinforcement Learning)	6	2	2, опрос		4
What's next? Продвинутые нейронные сети	6	2	2, опрос		4
Промежуточная аттестация - экзамен.	3				
Итого			36		72

6. Фонд оценочных средств (ФОС, оценочные и методические материалы) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости, критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

Примерные вопросы для опроса:

1. Теория машинного обучения
2. Предобработка данных.
3. Регрессия.
4. Временные ряды.
5. Классификация.
6. Решающие деревья и случайный лес.
7. Оптимизация.
8. Бустинг. Стекинг.
9. Кластеризация.
10. Проект: Учим разделять спирали.
11. Введение в Deep Learning.
12. Практика с основными фреймворками.
13. Сверточные нейронные сети.
14. Задача оптимизации.
15. Finetuning & Transfer Learning.
16. Обучение с подкреплением (Reinforcement Learning).
17. What's next? Продвинутые нейронные сети.

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине, критерии и шкалы оценивания Примерные вопросы для проведения экзамена:

Примерные вопросы для проведения экзамена:

1. Введение в глубокое обучение. Что такое глубокое обучение.
2. Введение в глубокое обучение. В чем преимущества?
3. Введение в глубокое обучение. Почему это стало возможным?
4. Архитектура нейронной сети. Нейрон.
5. Входы нейрона.
6. Активация нейрона.
7. Функция активации: Rectified Linear Unit .
8. Веса нейронной сети.
9. Многослойный персептрон.
10. Обучение нейронной сети.

11. Целевая функция для задачи регрессии.
12. Целевая функция для задачи классификации.
13. Функция Softmax.
14. Стохастический градиентный спуск.
15. Выбор количества элементов обучающей выборки для оценки вектора градиента (minibatch size).
16. Инициализация весов нейронной сети.
17. Алгоритм обратного распространения.
18. Цепное правило дифференцирования.
19. Вычисление частных производных для полносвязных слоев.
20. Сверточные нейронные сети.
21. Понятие свертки.
22. Архитектура сверточной нейронной сети.
23. Receptive Field.
24. Вычисление частных производных целевой функции в сверточных нейронных сетях.
25. Регуляризация глубоких нейронных сетей.
26. Сверточная нейронная сеть VGG.
27. Метод Batch Normalization.
28. Нейронные сети Residual Networks.
29. Рекуррентные нейронные сети Gated Recurrent Unit.

Порядок организации оценивания результатов обучения в университете регламентируется отдельным локальным нормативным актом – «Система оценивания результатов обучения в Томском политехническом университете (Система оценивания)» (в действующей редакции). Используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов обучения. Итоговая оценка (традиционная и литерная) по видам учебной деятельности (изучение дисциплин, УИРС, НИРС, курсовое проектирование, практики) определяется суммой баллов по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации (итоговая рейтинговая оценка - максимум 100 баллов).

Распределение основных и дополнительных баллов за оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации устанавливается календарным рейтинг-планом дисциплины.

Рекомендуемая шкала для отдельных оценочных мероприятий входного и текущего контроля

% выполнения задания	Соответствие традиционной оценке	Определение оценки
90%÷100%	«Отлично»	Отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владение опытом практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, их качество оценено количеством баллов, близким к максимальному

70% - 89%	«Хорошо»	Достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество ни одного из них не оценено минимальным количеством баллов
55% - 69%	«Удовл.»	Приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество некоторых из них оценено минимальным количеством баллов
0% - 54%	«Неудовл.»	Результаты обучения не соответствуют минимально достаточным требованиям

Шкала для оценочных мероприятий Экзамена

% выполнения заданий Экзамена	Экзамен, балл	Соответствие традиционной оценке	Определение оценки
90%÷100%	18 ÷ 20	«Отлично»	Отличное понимание предмета, всесторонние знания, отличные умения и владение опытом практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, их качество оценено количеством баллов, близким к максимальному
70% - 89%	14 ÷ 17	«Хорошо»	Достаточно полное понимание предмета, хорошие знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество ни одного из них не оценено минимальным количеством баллов
55% - 69%	11 ÷ 13	«Удовл.»	Приемлемое понимание предмета, удовлетворительные знания, умения и опыт практической деятельности, необходимые результаты обучения сформированы, качество некоторых из них оценено минимальным количеством баллов
0% - 54%	0 ÷ 10	«Неудовл.»	Результаты обучения не соответствуют минимально достаточным требованиям

Методические указания по процедуре оценивания

№	Оценочные мероприятия	Процедура проведения оценочного мероприятия и необходимые методические указания			
1.	Опрос (маx 1 балл)	- Письменный опрос проводится по пройденному материалу в течение первых 5-10 минут занятия - Опрос содержит 5 вопросов - Каждый вопрос оценивается в 0,2 балла. - Опрос считается успешно выполненным при получении более 0,5 балла за все вопросы. Оценивание проводит преподаватель по следующим критериям: 0,2 – студент полно и правильно отвечает на вопрос; 0,15 – студент дал неполный ответ на вопрос, но не допускает ошибок; 0,1– студент допускает отдельные существенные ошибки, но понимает суть вопроса и основные закономерности; 0,05 – студент излагает материал со значительными ошибками, демонстрирует слабое понимание сути вопроса; 0 – нет ответа.			
2.	Тестирование (маx 4 балла)	- Письменное тестирование проводится после изучения теоретического материала раздела и обсуждения на лабораторных занятиях по каждой теме. - Задание содержит 5 вопросов в тестовой форме - Вопрос на выбор из предложенных вариантов правильной информации оценивается в 0,8 балла. - Тест считается успешно выполненным при получении более 2 баллов за все задание. Оценивание проводит преподаватель по следующим критериям: 0,8 – выбран правильный ответ (ответы); 0,5 – выбраны большинство правильных ответов; 0 – выбраны правильные и неправильные ответы.			
3.	Защита лабораторной работы (маx 15 баллов)	- Защита лабораторных работ проводится на 4, 8, 12 и 16 неделе, соответственно. - Отчет по лабораторной работе содержит полную информацию о результатах работы магистранта в ходе лабораторных работ в соответствии с требованиями, изложенными в методических указаниях и заданным вариантом. - При защите лабораторной работы магистрант обосновывает структуру СМО, доказывает полноту проведенных экспериментов, проводит анализ на основе полученных характеристик модели. - Отчет по лабораторной работе считается успешно защищенным при получении более 7,5 баллов. <u>Оценивание проводит преподаватель по следующим критериям:</u> <table><tr><td>Вид вопроса</td><td>Критерии оценки</td></tr></table>		Вид вопроса	Критерии оценки
Вид вопроса	Критерии оценки				

		Математическая логика, теория алгоритмов и теория сложности	5 б. – Модель корректная, дополнена необходимыми блоками.	3 б. – Модель корректная, модификация проведена не полностью.	1 б. – Модель работает не во всех случаях корректно, модификация не проведена.
		Планирование экспериментальных исследований	5 б. – Запланирован и проведен полный цикл экспериментальных исследований.	3 б. – Запланирован и проведен неполный цикл экспериментальных исследований, не позволяющий провести корректный анализ.	1 б.– Проведенные исследования не позволяют сделать корректные выводы, отсутствуют необходимые эксперименты, проведены избыточные.
		Анализ результатов	5 б.– Проведен корректный и полный анализ. Все выводы подкреплены достаточным графическим и табличным результатом.	3 б. – Проведен неполный анализ, табличных и графических материалов недостаточно.	1 б.– При анализе результатов сделаны некорректные выводы, графические и табличные результаты с ошибками.
		При несвоевременной сдаче лабораторной работы оценка снижается на 1 балл за каждую просроченную неделю.			
4.	Экзамен	В рамках изучаемых разделов дисциплины осуществляется текущее оценивание степени освоения студентами изученного материала. Проверка освоения лекционного материала проводится путем оценки результатов выполнения лабораторных работ. Допуск по итогу текущего контроля рассчитывается на основе суммы баллов, набранных за все виды оценочных мероприятий. Для допуска к Экзамену студенту необходимо набрать 55 баллов и более по всем видам запланированных оценочных мероприятий, при этом все виды запланированных оценочных мероприятий должны быть выполнены и зачтены преподавателем. Экзамен проводится в традиционной форме путём раздачи билетов, самостоятельной подготовки студентами ответов на вопросы билета, последующей беседы преподавателя со студентом. Экзаменационный билет состоит из 4 вопросов. Каждый вопрос оценивается преподавателем исходя из максимального балла – 5 баллов. Максимальный балл за Экзамен 20 баллов.			

		Итоговая отметка за семестр рассчитывается на основе полученной суммы баллов в результате текущего контроля, и баллов, набранных при заключительном контроле знаний на Экзамене.
--	--	--

7. Ресурсное обеспечение:

7.1. Перечень основной и дополнительной литературы

Список основной литературы

1. Hastie T., Tibshirani R, Friedman J. The Elements of Statistical Learning (2nd edition). Springer, 2009
2. Bishop C. M. Pattern Recognition and Machine Learning. Springer, 2006
3. Николаенко, С.И., Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей. СПб.: Издательство: Питер, 2020. - 480 с. ISBN: 978-5-4461-1537-2.

Список дополнительной литературы (при наличии)

1. Ian Goodfellow and Yoshua Bengio and Aaron Courville, Deep Learning, MIT Press, 2016
2. Mohri M., Rostamizadeh A., Talwalkar A. Foundations of Machine Learning. MIT Press, 2012
3. Murphy K. Machine Learning: A Probabilistic Perspective. MIT Press, 2012
4. Mohammed J. Zaki, Wagner Meira Jr. Data Mining and Analysis. Fundamental Concepts and Algorithms. Cambridge University Press, 2014.
5. Микеллучи, У., Прикладное глубокое обучение. Подход к пониманию глубоких нейронных сетей на основе метода кейсов. СПб.: Издательство: БХВ-Петербург, 2020. - 368 с. ISBN: 978-5-9775-4118-3.

7.2. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

1. Du D.-Z., Ko K.-I. Theory of computational complexity. – John Wiley & Sons, 2000.
2. Sipser M. Introduction to the theory of computation. – Thomson Course Technology, 2nd ed., 2006.
3. Лавров, Игорь Андреевич. Математическая логика: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по техническим и естественнонаучным специальностям / И. А. Лавров; под ред. Л. Л. Максимовой. Москва: Академия, 2006, 39, [1] с.: ил; 22 см. (Университетский учебник. Прикладная математика и информатика. ISBN 5-7695-2735-8.
4. Мендельсон, Э. Введение в математическую логику / Э. Мендельсон; под ред. С.И. Адян; пер. с англ. Ф.А. Кабакова. - Москва: Наука, 1971 - 320 с.: ил.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=458257>.

Список программного обеспечения

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

1. Python 3.7.1 (Anaconda3 2018.12 64-bit) - Среда разработки приложений.
2. Notepad++ - Программа для работы с текстовыми файлами.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. <http://window.edu.ru/> Электронная библиотека учебно-методической литературы для общего и профессионального образования;
2. <http://elibrary.ru/> Научная электронная библиотека;
- <http://www.scholar.ru/> Научные статьи, диссертации и авторефераты из электронных научных библиотек.

8.2. Описание материально-технического обеспечения.

№	Наименование	Назначение
1.	Презентационное оборудование (мультимедиапроектор, экран, компьютер для управления)	Для проведения лекционных занятий
2.	Компьютерный класс (с выходом в Internet)	Для организации самостоятельной работы и организации практических занятий обучающихся

9. Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в Общей характеристике ОПОП.

10. Разработчик (разработчики) программы:

Коробченко Дмитрий Алексеевич, старший менеджер по искусственному интеллекту компании NVIDIA
 Шпилевский Яромир Витальевич - аналитик данных в First Line Software