Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

| **УТВЕРЖДАЮ****Ректор МГУ имени М.В. Ломоносова****В.А. Садовничий****«\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_ 2023 г.** |
| --- |

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Наименование дисциплины (модуля):**

**Межфакультетский курс**

**«Машинное обучение для решения прикладных задач с помощью Python»**

*наименование дисциплины (модуля)*

**Уровень высшего образования:**

***Бакалавриат, магистратура, специалитет***

*бакалавриат, магистратура, специалитет*

**Направление подготовки / специальность:**

**По всем направлениям подготовки / специальностям**

*(код и название направления/специальности)*

**Направленность (профиль)/специализация ОПОП:**

**По всем направленностям (профилям)/специальностям ОПОП**

 *(если дисциплина реализуется в рамках направленности (профиля))*

Форма обучения:

Очная

*очная, очно-заочная*

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

*Методической комиссией МГУ, на заседании Ученого совета МГУ*

\_\_.\_\_.2023

Москва 2023

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленными МГУ образовательными стандартами (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки; программы специалитета; программы магистратуры)*

**1.** Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО:

*Межфакультетские учебные курсы относятся к вариативной части и являются дисциплиной по выбору (элективной).*

**2.** Цели и задачи дисциплины (модуля):

Межфакультетский курс посвящен одной из самых передовых областей науки на сегодняшний день - машинному обучению. Слушатели курса познакомятся с классическими методами машинного обучения для решения прикладных задач.

Цель дисциплины — сформировать устойчивые представления о теоретических основах машинного обучения и обучить студентов практическим навыкам работы с алгоритмами искусственного интеллекта в применении к любой области знания. Предполагается, что по окончании курса, студент сможет воспользоваться аппаратом машинного обучения для решения научных и практических задач из любой области.

Задачи дисциплины:

— изучение теоретических основ машинного обучения и алгоритмов;

— изучение базового функционала библиотек Sklearn и XGBoost;

— изучение примеров практического применения алгоритмов машинного обучения в мультидисциплинарном формате, предполагающем демонстрацию применения таких алгоритмов на практических примерах из разных областей науки.

**3.** Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия:

Изучение данной дисциплины базируется на следующих курсах:

— МФК “Основы программирования и анализа данных на Python” (базовые навыки по программированию на Python упростят освоение программы дисциплины);

— факультатив "Математика для анализа данных" (знание основ линейной алгебры, оптимизации, статистики упростит освоение программы дисциплины).

**4.** Результаты обучения по дисциплине (модулю):

| **Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)** |
| --- |
| В результате освоения дисциплины обучающиеся должны:**знать:**- теоретические основы и терминологию машинного обучения;- набор классических алгоритмов, а также области их применения;- достоинства и недостатки классических алгоритмов машинного обучения;- возможности применения классических алгоритмов машинного обучения;- особенности практической реализации алгоритмов машинного обучения;- особенности практического применения готовых алгоритмов машинного обучения;- требования к данным в контексте применения каждого из изученных алгоритмов машинного обучения;- возможности стандартных библиотек по подготовке данных для различных задач машинного обучения;- как применять алгоритмы машинного обучения для решения практических задач.**уметь:**- вызывать классические алгоритмы машинного обучения из стандартных библиотек;- классифицировать произвольную поставленную задачу с точки зрения терминологии машинного обучения;- выбирать актуальный алгоритм в зависимости от постановки и контекста поставленной задачи;- анализировать результат работы алгоритма машинного обучения с учетом контекста поставленной задачи;- пользоваться документацией стандартных библиотек;- обрабатывать сырые данные для их анализа при помощи алгоритма машинного обучения;- выбирать оптимальные алгоритмы машинного обучения в зависимости от ситуации;- визуализировать и интерпретировать результат работы алгоритма машинного обучения;**владеть:**- библиотеками Sklearn и XGBoost;- навыками работы в классических средах программирования: Jupyter Notebook/Spyder/Google Colab (с учётом индивидуальных предпочтений студента);- навыками комплексного анализа данных при помощи машинного обучения |

**5.** Объем дисциплины составляет 1 з.е. (36 часов, включая 24 часа на занятия лекционного типа и 12 часов на самостоятельную работу обучающихся).

| **Вид учебной работы** | **Всего часов** |
| --- | --- |
| **Аудиторные занятия (всего)** | **24** |
| В том числе: |  |
| Лекции (Л) | 24 |
| Практические занятия (ПЗ) | - |
| Семинары (С) | - |
| Лабораторные работы (ЛР) | - |
| **Самостоятельная работа (всего)** | **12** |
| В том числе: |  |
| Подготовка к семинарским занятиям | - |
| Подготовка домашних заданий | 10 |
| Решение профессиональных задач и т.д. | - |
| Подготовка к аттестации  | 2 |
| Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен) | зачет |
| Общая трудоемкость: часызачетные единицы | **36** |
| **1** |

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

**Содержательный план дисциплины**

| **№ п/п** | **Наименование раздела дисциплины** **(элемента модуля)**  | **Лекции** | **Практические** **занятия**  | **Семинары**  | **Самостоятельная работа**  | **Всего** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. | **Тема 1. Введение в ML**— Постановка задачи ML— Классификация задач ML— Классификация алгоритмов ML— Примеры применения алгоритмов ML в нашей жизни— Математическая постановка задачи ML— Модельные примеры различий между разными областями ML | **2** |  |  | **1** | **3** |
| 2. | **Тема 2. Метрические алгоритмы**— Понятие метрики— Примеры различных метрик— Общая идея метрических алгоритмов— Применение алгоритма ближайшего соседа для решения задачи классификации— Алгоритм KNN для решения задачи классификации— Обобщение на задачу регрессии— Пример реализации алгоритма KNN при помощи библиотеки numpy— Визуализация метрических методов— Понятие кросс-валидации— Стратегии выбора гиперпараметров алгоритма— Реализация алгоритмов в библиотеке sklearn | **2** |  |  | **1** | **3** |
| 3. | **Тема 3. Линейные модели классификации**— Задача классификации в многомерном пространстве— Понятие разделяющей гиперплоскости— Понятие отступа объекта— Обобщенный линейный классификатор— Математическая интерпретация идеи обобщенного метрического классификатора— Подбор оптимальных параметров линейной модели— Логистическая регрессия— Метод опорных векторов— Практические примеры применения линейных алгоритмов классификации | **2** |  |  | **1** | **3** |
| 4. | **Тема 4. Линейные модели регрессии**— Понятия признаков объектов и их свойств— Представление объектов в пространстве признаков-свойств— Метод наименьших квадратов— Линейная регрессия как решение метода наименьших квадратов в двумерном случае— Напоминание матричных операций из линейной алгебры— Многомерное обобщение линейной регрессии— Примеры | **2** |  |  | **1** | **3** |
| 5. | **Тема 5. Решающие деревья**— Интуиция алгоритма построения решающего дерева— Алгоритм классификации на основе построенных решающих деревьев— Алгоритм построения решающего дерева – LearnID3— Достоинства и недостатки решающих деревьев— Проблема переобучения решающих деревьев— Визуализация разбиения плоскости на области при помощи решающих деревьев— Примеры применения решающих деревьев | **2** |  |  | **1** | **3** |
| 6. | **Тема 6. Ансамблевые алгоритмы**— Интуиция ансамблей— Разложение ошибки в Bias и Variance— Ансамбли как метод уменьшения variance-составляющей ошибки— Простейшие ансамбли— Ансамбли на основе решающих деревьев— Случайный лес— Градиентный бустинг— Визуализации— Практические примеры | **2** |  |  | **1** | **3** |
| 7. | **Тема 7. Метрики качества классификации**— Проблемы наивных методов оценки качества классификации— Метрика precision— Метрика recall— Метрика f1— Метрики оценки качества мягкой классификации— Метрика ROC AUC— Метрика PR AUC— Многоклассовая классификация— Подходы One VS All и All VS All— Метрики качества многоклассовой классификации | **2** |  |  | **1** | **3** |
| 8. | **Тема 8. Задача понижения размерности**— Концепция обучения без учителя— Проблемы данных высокой размерности. “Проклятие размерности”— Введение в матричные разложения— SVD-разложение— Снижение размерности при помощи SVD— Метод главных компонент (PCA)— Особенности и ограничения работы с PCA— Алгоритм t-SNE— Примеры применения всех описанных выше алгоритмов | **2** |  |  | **1** | **3** |
| 9. | **Тема 9. Задача кластеризации**— Понятие кластеризации данных— Принципиальные проблемы кластеризации— Простейшие алгоритмы кластеризации: K-Means— K-Means как разновидность EM-алгоритма— Собственноручная имплементация K-Means— Визуализации— Достоинства и недостатки K-Means— Иерархическая кластеризация— Алгоритм Ланса-Уильямса— Примеры | **2** |  |  | **1** | **3** |
| 10. | **Тема 10. Рекомендательные системы**— Историческая ретроспектива— Постановка задачи— Общая схема рекомендательных систем— Типы рекомендательных систем— Коллаборативная фильтрация— item2item рекомендации— Рекомендации user-based и item-based— Матричные разложения в рекомендательных системах— Алгоритм ALS— Оценка качества рекомендаций | **2** |  |  | **1** | **3** |
| 11. | **Тема 11. Обработка временных рядов**— Компоненты временного ряда— Тренд— Стационарные временные ряды— Критерии стационарности— Прогнозирование временных рядов | **2** |  |  | **1** | **3** |
| 12. | **Тема 12. Введение в нейронные сети**— Понятие высокоуровневых признаков— Мотивация выделения высокоуровневых признаков— Сложности работы с линейными моделями— XOR-problem— Решение XOR-problem при помощи комбинации простых линейных моделей— История развития идеи перцептрона Розенблатта— Визуализация— Идея простейшей полносвязной нейронной сети | **2** |  |  | **1** | **3** |
|  | **Итого по курсу:** | **24** |  |  | **12** | **36** |

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

**7.1.** Критерии оценивания

Поскольку межфакультетский курс является лекционным, а аттестация предусмотрена в форме зачета без оценки, аттестация слушателей будет проводиться исходя из выполнения домашних заданий. Домашнее задание будет считаться выполненным, если за него будет набрано не менее 70% баллов от максимально возможного количества баллов. Домашние задания будут представлены в форме задач с автоматической проверкой.

**7.2.** Список вопросов к зачету:

1. Метрические методы

- Что такое косинусная схожесть?

- Верно ли, что функция расстояния в метрических алгоритмах классификации и регрессии всегда удовлетворяет неравенству треугольника?

 (доп. вопросы: что такое неравенство треугольника? Можете ли привести пример такой функции расстояния?)

- Манхэттенское расстояние между двумя точками.

- Идея алгоритма k-NN. В каких задачах применяется. Эффективность. Влияние значения k на время работы и и качество получаемого решения. Недостатки k-NN.

2. Линейные классификаторы

- Почему классификаторы называются линейными? Какое предположение о зависимости в данных делается в этом случае?

- Support Vector Machine, или метод опорных векторов.

- Какую задачу решает логистическая регрессия? Что возвращается в результате применения логистической регрессии?

- Расшифруйте TF-IDF (TF(t, d) - term frequency, IDF(t, D) - inverse document frequency, tf-idf(t, d, D) = tf(t, d) \* idf(t, D))

- Градиентный спуск. Градиент.

- Отличия SVM от Логистической регрессии

- Недостатки SVM

3. Линейная регрессия

- Какие метрики можно применять для оценки качества построенной линейной модели?

- Для чего еще, кроме решения самой задачи регрессии, довольно часто используют алгоритм построения линейной регрессии?

- Одномерный случай лин. регрессии. Сколько параметров у модели?

4. Решающие деревья

- Это алгоритм без учителя, с учителем?

- Недостатки решающих деревьев.

- Достоинства решающих деревьев.

5. Ансамбли

- Что такое ассамблирование нескольких моделей?

- Мотивация для использования ансамблей.

- Какими должны быть базовые алгоритмы в ансамбле?

- В чем отличие градиентного бустинга от случайного леса?

6. Метрики качества классификации

- Когда метрика accuracy может сбить с толку?

- Что такое F1 мера?

- PR-кривая.

- ROC-кривая.

- Многоклассовая классификация. One vs All, All vs All. Качество многоклассовой классификации.

7. Понижение размерности

- Проклятие размерности. Проблемы.

- SVD разложение. Применение.

- Что такое эмбеддинг?

- PCA, или метод главных компонент.

- t-SNE. Что это такое?

8. Кластеризация

- К какому типу задач относится кластеризация?

- Проблемы постановки задачи кластеризации?

- K-Means. Сходимость. Недостатки.

- Иерархическая кластеризация.

9. Рекомендательные системы

- Коллаборативная фильтрация.

- Knowledge-based и User-based подходы.

- Матрица User-Item, разреженность матрицы.

- ALS разложение

- SVD vs ALS разложение.

10. Временные ряды

- Что такое временной ряд?

- Компоненты временного ряда?

- Стационарный временной ряд?

- Автокорреляция.

- Приведите примеры алгоритмов прогнозирования временных рядов.

11. Нейронные сети

- Перцептрон Розенблатта

- Приведите пример функций активации. Почему они имеют такую форму?

- Многослойный перцептрон.

- XOR проблема и ее решение.

- Применение нейронных сетей.

**8.** Ресурсное обеспечение.

Основная литература

1. Кристофер Бишоп. Pattern Recognition and Machine Learning. Издательство: Springer, 2006.

Дополнительная литература

1. Андрей Михайлович Миронов. Машинное обучение: учебное пособие. Москва : МАКС Пресс, 2019.
2. Константин Вячеславович Воронцов. Конспекты курса лекций “Машинное обучение”: http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=%D0%9C%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5\_%D0%BE%D0%B1%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5\_(%D0%BA%D1%83%D1%80%D1%81\_%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B9,\_%D0%9A.%D0%92.%D0%92%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BD%D1%86%D0%BE%D0%B2).

**9.** Преподаватели дисциплины: Мигачёва О.А., Горохов О.Е.