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 «Введение в глубокое обучение»**

*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 рассматривает основы глубокого обучения и методы применения нейронных сетей в различных задачах. Курс позволит слушателям приобрести прикладные навыки работы с современными моделями и понять теоретические основы работы нейронных сетей. Практическая часть курса включает в себя работу с текстами, изображениями, вопросно-ответными системами и генеративными моделями.

Цель дисциплины — сформировать устойчивые представления о теоретических основах глубокого 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 работы нейросетей;

— приобретение навыков работы с современными моделями глубокого обучения.

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

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);

— МФК “Машинное обучение для решения прикладных задач” (знание основ машинного обучения 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 работы нейронных сетей;  - различные архитектуры нейронных сетей, а также области их применения;  - достоинства и недостатки применения нейронных сетей;  - возможности применения нейронных сетей;  - особенности практического применения нейронных сетей;  - требования к данным в контексте применения каждого из изученных алгоритмов;  - возможности стандартных библиотек по подготовке данных для различных задач машинного обучения.  **уметь:**  - использовать алгоритмы машинного обучения основанные на нейронных сетях из стандартных библиотек;  - выбирать актуальную архитектуру нейронной сети в зависимости от постановки и контекста поставленной задачи;  - анализировать результат работы построенной модели с учетом контекста поставленной задачи;  - пользоваться документацией стандартных библиотек.  **владеть:**  - библиотекой PyTorch;  - навыками работы в классических средах программирования: Jupyter Notebook/Google Colab (с учётом индивидуальных предпочтений студента)  - навыками комплексного анализа данных при помощи современных моделей 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: часы  зачетные 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 DL**  — История развития нейронных сетей  — Базовые понятия при работе с нейронными сетями  — Интерактивный пример работы нейронной сети | **2** |  |  | **1** | **3** |
| 2. | **Тема 2. Построение нейронной сети и ее проверка на реальных данных. Обратное распространение ошибки**  — Введение в PyTorch  — Метод обратного распространения ошибки (backpropagation)  — Обзор различных функций активации  — Построение нейронной сети и сравнение с классическими методами | **2** |  |  | **1** | **3** |
| 3. | **Тема 3. Обучение по батчам. Регуляризация в DL + Оптимизация в DL**  — Анализ градиентов для различных функций активации  — Инициализация весов в нейронных сетях  — Обзор методов регуляризации в нейронных сетях | **2** |  |  | **1** | **3** |
| 4. | **Тема 4. Работа с изображениями. Сверточные нейронные сети**  — Операция свертки  — Связь работы сверточных сетей со зрительной корой человека  — Способы снижения размерности промежуточных представлений  — Исторический обзор развития нейронных сетей в области компьютерного зрения | **2** |  |  | **1** | **3** |
| 5. | **Тема 5. Transfer learning. Дообучение нейронных сетей на целевых наборах данных.**  — Методы дообучения моделей на новых выборках  — Использование предобученных моделей в прикладных задачах | **2** |  |  | **1** | **3** |
| 6. | **Тема 6. Эмбеддинги, word2vec.**  — Автоэнкодеры, снижение размерности и построение информативных представлений данных. Обзор word2vec  — Модели мешка слов. One-hot кодирование. TF-IDF  — Построение эмбеддингов с помощью моделей последовательностей. Word2Vec.  — Работа с предобученными векторными представлениями слов  — Снижение размерности с помощью UMAP | **2** |  |  | **1** | **3** |
| 7. | **Тема 7. Языковые модели. Работа с RNN**  — Работа с упорядоченными данными  — Марковское свойство  — Структура базового блока RNN  — Векторное представление контекста  — Обработка последовательностей с помощью RNN  — Построение языковых моделей | **2** |  |  | **1** | **3** |
| 8. | **Тема 8. Seq2seq модели. Задача машинного перевода**  — Обзор задачи машинного перевода  — Архитектура Encoder-Decoder  — End-to-end обучение модели для задачи машинного перевода  — Проблемы представления текста в виде вектора фиксированной размерности | **2** |  |  | **1** | **3** |
| 9. | **Тема 9. Компьютерное зрение. Сегментация и детекция.**  — Скользящее окно, fully-convolutional network, convolutional network + upsampling  — Transposed convolution  — SegNet  — U-Net  — Метрика качества IoU | **2** |  |  | **1** | **3** |
| 10. | **Тема 10. Компьютерное зрение. Autoencoders & GANs.**  — Autoencoders, Vanilla AE  — Генерация новых объектов с помощью AE. Вариационный AE (VAE)  — Conditional AE  — GAN | **2** |  |  | **1** | **3** |
| 11. | **Тема 11.  Metric Learning, Image Captioning.**  — Contrastive Learning и распознавание лиц  — Детекция лица Выравнивание лицаРаспознавание лиц  — Image Captioning  — Обработка текстовых описаний  — Архитектура RNN для генерации описаний | **2** |  |  | **1** | **3** |
| 12. | **Тема 12.** Какие еще задачи могут решать нейросети**?**  — Computer Vision  — Беспилотные автомобили  — Перенос стиля (Style Transfer)  — Генерация новых изображений, дополнение частей изображений, удаление частей изображений и заполнение пропусков  — Дипфейки (deepfakes)  — Natural Language Processing  — Задачи NLP  — GPT-3  — ChatGPT  — GPT-4  — Transformers  — Графовые нейросети  — Мультимодальность  — Image captioning  — Optical Character Recognition (OCR)  — CLIP  — Генерация изображений по тексту  — Диффузионные модели | **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.** Типовые контрольные задания для проведения текущего контроля успеваемости:

1. Какая функция активации может использоваться внутри ячейки Vanilla RNN?...?

◦ ReLU

◦ ELU

◦ Sigmoid

◦ Softmax

◦ tanh

2. `Контекст` в RNN представлен с помощью...?

◦ Весов RNN

◦ Скрытого состояния ('h' вектор) RNN на каждом шаге

◦ Входа ('x' вектор) RNN на каждом шаге

◦ Ничего из перечисленного

3. Архитектурно Модель BERT является…

◦ Декодером модели Transformer

◦ Энкодером модели Transformer

◦ Объединенными энкодером и декодером архитектуры Transformer

4. Число каналов в выходном представлении сверточного слоя...

◦ Совпадает с числом каналов на входе

◦ Совпадает с числом фильтров в слое

◦ Зависит от размерности входного представления

5. Какая функция активации может использоваться после Self-attention слоя?

◦ ReLU

◦ Sigmoid

◦ Tanh

◦ ELU

6. Продолжите предложение (возможны несколько вариантов). Сверточные сети могут использоваться для обработки...

◦ Изображений

◦ Текстов

◦ Временных рядов

◦ Табличных данных

7. Какие из предложенных моделей позволяют использовать градиентную оптимизацию для их настройки (обучения)?

◦ Сверточная нейронная сеть

◦ Рекуррентная нейронная сеть

◦ Решающее дерево

◦ Transformer

◦ Случайный лес

◦ Линейная регрессия без регуляризации

◦ Логистическая регрессия с L2 регуляризацией

◦ kNN

◦ k-means

**7.2.** Список вопросов к зачету:

1. Что такое метод обратного распространения ошибки?
2. Опишите принцип работы свёрточного слоя (CNN).
3. В чем недостатки полносвязных нейронных сетей какая мотивация к использованию свёрточных?
4. Опишите принцип работы базового рекуррентного слоя (RNN).
5. Опишите структуру LSTM-ячейки
6. Что такое Dropout?
7. Как Dropout и Batch normalization меняют свое поведение при эксплуатации модели (в режиме inference)?
8. Что такое stride, padding, pooling?
9. Как работает механизм attention?
10. Опишите основную идею построения информативных векторных представлений (embedding’ов) на примере word2vec.

**8.** Ресурсное обеспечение.

Список литературы

1. Yoshua Bengio. Deep Learning. MIT Press, 2017.
2. The Hundred-Page Machine. Learning Book by Andriy Burkov (Andriy Burkov, 2019).
3. Онлайн-учебник по машинному обучению: <https://academy.yandex.ru/dataschool/book>

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