

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ПРЕЗИДЕНТСКИЙ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ЛИЦЕЙ № 239**
191028, Россия, Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 8, телефон/факс 272-96-68

ОТДЕЛЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ДЕТЕЙ

Принята на заседании
Методического (педагогического)
совета
от « 30 » 08 2022 г.
протокол № 1

Утверждена
Приказом № 3-901 от « 01 » 09 2022 г.



Директор
ГБОУ «Президентский ФМЛ №239»

_____ Пратусевич М. Я.

«Нейронные сети и основы искусственного интеллекта»

Возраст учащихся: 14 – 17 лет
Срок реализации: 1 год

Разработчик –
Рубанова Валерия Александровна,
педагог дополнительного образования

I. Пояснительная записка

Направленность программы

Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа «Нейронные сети и основы искусственного интеллекта» принадлежит к **технической** направленности. Программа является **базовой** по уровню освоения.

Актуальность

Использование нейронных сетей в современном мире растет и приобретает огромные масштабы. Они применяются в различных областях человеческой жизни. Например, в медицине, маркетинге, экономике и бизнесе, геологической разведке, навигации воздушного и наземного транспорта, робототехнике, управлении персоналом. Нейронные сети продолжают набирать обороты. Программа позволяет познакомить учащихся с принципами использования нейронных сетей, а также с методами классического машинного обучения.

Программа соответствует государственной политике в области дополнительного образования, социальному заказу общества и ориентирована на удовлетворение образовательных потребностей детей в научно-технических знаниях.

Отличительные особенности

Программа отличается тем, что акцент при обучении делается на овладение учащимися архитектурой нейронных сетей и получение теоретических и практических навыков решения задач с помощью нейронных сетей и алгоритмов машинного обучения для участия в выставках, соревнованиях, и научных конференциях различного уровня.

Данная программа является частью общей концепции преподавания Центра робототехники Президентского ФМЛ №239 и реализуется на четвертый год обучения.

Объем и срок реализации программы

Программа рассчитана на 144 часа. Срок реализации – 1 год.

Адресат программы

Программа предназначена для учащихся в возрасте 14 - 17 лет, интересующихся программированием, прошедших обучение по дополнительным общеобразовательным общеразвивающим программам «Python для начинающих», «Основы робототехники».

Цель программы

Развить у учащихся интерес к научно-исследовательской деятельности, аналитические и технические способности с помощью программирования, алгоритмов машинного обучения, архитектуры нейронных сетей.

Задачи программы

Обучающие

- Приобретение теоретических знаний и основной терминологии в области машинного обучения;
- Изучение основных методов для решения типовых задач с помощью методов машинного обучения;
- Приобретение навыков программирования на примере обработки данных;

- Приобретение навыков программирования нейронных сетей для решения задач с изображениями.

Развивающие

- Развитие способности искать необходимую информацию в области современных компьютерных технологий;
- Развитие способности анализировать поставленную задачу, промежуточные и итоговые результаты;
- Формирование заинтересованности к научно-исследовательской деятельности.

Воспитательные

- Воспитание настойчивости доводить начатое до конца;
- Воспитание ответственного отношения к выполнению своих задач и проекта в целом;
- Воспитание умения выслушивать и учитывать мнение других людей.

Условия реализации программы

Условия набора в группу

В группу зачисляются учащиеся в возрасте 14 - 17 лет, прошедшие обучение по дополнительным общеобразовательным общеразвивающим программам «Python для начинающих», «Основы робототехники», или на основе входного тестирования. Группа формируется разновозрастная. Допускается дополнительный набор учащихся на основе индивидуального тестирования.

Количество детей в группе

Количество учащихся в группе 7 - 15 человек. В соответствии с «Положением о наполняемости объединений дополнительного образования ГБОУ «Президентский ФМЛ №239»» уменьшенная наполняемость группы обусловлена необходимостью использования компьютерной техники и высокой наукоемкостью предоставляемого учебного материала, требующего повышенного внимания педагога.

Форма проведения занятий

- Лекция для представления теоретического материала;
- Мастер-класс для представления новых программных решений;
Лабораторное занятие для практического закрепления теоретического материала;
- Защита проектов.

Форма организации деятельности учащихся на занятии

Фронтальная, групповая, индивидуальная.

Материально-техническое оснащение программы

Класс для занятий по программе должен быть укомплектован:

- 7 - 15 компьютеризированными рабочими местами для индивидуальных практических занятий;
- Установленный пакет программ: Python 3.6+, Anaconda.

Кадровое обеспечение программы

1 преподаватель при группе 7 - 15 учащихся.

Планируемые результаты

Личностные

В результате обучения по программе учащиеся:

- научатся доводить поставленные задачи до конечного результата;
- будут ответственно подходить к выполнению задач;
- будут осознавать важность мнения других людей при решении проблем.

Метапредметные

В результате обучения по программе учащиеся:

- будут проявлять навыки самостоятельного изучения и поиска информации с использованием современных компьютерных технологий для более полного усвоения пройденного материала;
- будут демонстрировать развитие способностей анализа задач, логического и алгоритмического мышления;
- разовьют интерес к дальнейшей работе в научно-исследовательской деятельности.

Предметные

В результате обучения по программе учащиеся:

- овладеют основными понятиями в области машинного обучения;
- овладеют классическими методами машинного обучения для решения задач регрессии и классификации;
- овладеют навыками программирования необходимыми для обработки изображений;
- будут способны программировать нейронные сети для работы с изображениями.

**II. Учебный план
«Нейронные сети и основы искусственного интеллекта»**

| № | Тема | Количество часов | | | Формы контроля |
|---|---|------------------|-----------|------------|----------------|
| | | Всего | Теория | Практика | |
| 1 | Введение: что такое искусственный интеллект. Краткий обзор развития технологий ИИ. Инструктаж по ТБ. Правила работы с оборудованием. | 1.5 | 1.5 | 0 | Устный опрос |
| 2 | Работа с матрицами, библиотеками NumPy, Matplotlib. Представление изображений в компьютере: определение маски, поиск описывающего прямоугольника, метод Оцу, изменения разрешения изображений (Upsampling, downsampling), преобразование Фурье, Хаффа. Поиск границ объектов, | 8 | 2 | 6 | Зачет |
| 3 | Определение свертки. Матричные фильтры обработки изображений: Собеля, Превитта, Робертса, Лапласа, Гаусса, применение различных сверток. | 12 | 3 | 9 | Зачет |
| 4 | Решение задачи регрессии классическими методами машинного обучения: определение, метод наименьших квадратов, изменение начальных данных, определение среднеквадратичной ошибки. | 12 | 3 | 9 | Зачет |
| 5 | Решение задачи классификации классическими методами машинного обучения: определение, метод k-ближайших соседей, примеры. | 12 | 3 | 9 | Зачет |
| 6 | Ансамбли моделей: определение деревьев, определение стекинга, беггинга, бустинга, случайные леса, примеры. Подготовка данных. | 24.5 | 7.5 | 17 | Зачет |
| 7 | Инструктаж по ТБ. Решение задач с помощью нейронных сетей: перцептрон, многослойный перцептрон, сверточные сети. Кросс-валидация | 14 | 4 | 10 | Зачет |
| 8 | Автоэнкодеры: автоэнкодер, вариационный автоэнкодер, conditional вариационный автоэнкодер, генеративные состязательные сети. | 20 | 4 | 16 | Зачет |
| 9 | Разработка проекта: жизненного цикла анализа данных, правила составления презентации. Защита проекта. | 40 | 2 | 38 | Защита проекта |
| | Всего часов | 144 | 30 | 114 | |

III. Календарный учебный график реализации дополнительной общеобразовательной общеразвивающей программы «Нейронные сети и основы искусственного интеллекта» на 2019-2020 учебный год

| Год обучения | Дата начала занятий | Дата окончания занятий | Количество учебных недель | Количество учебных часов | Режим занятий |
|--------------|---------------------|------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 4 год | 5 сентября 2022 г. | 22 мая 2023 г. | 36 | 144 часа | 1 раз в неделю по 4 часа |

IV. Методические и оценочные материалы

Методические пособия

- Тематические презентации (автор В.А.Рубанова)
 - «Что такое Искусственный Интеллект?»
 - «Три составляющие необходимые для машинного обучения»
 - «Из чего состоят сети?»
 - «Как представлено изображение в компьютере?»
 - «Гистограммы частоты интенсивности»
 - «Определение матрицы и операции с ними»
 - «Определение свертки»
 - «Классические методы машинного обучения для решения задачи регрессии»
 - «Задача регрессии»
 - «Общий подход для решения задачи регрессии»
 - «Задача классификации»
 - «Методы решения задачи классификации»
 - «Решение задачи классификации на реальных данных»
 - «Метод k-ближайших соседей»
 - «Ансамбли моделей»
 - «Перцептрон»
 - «Функции активации»
 - «Сверточная нейронная сеть»
 - «Переобучение»
 - «Автоэнкодеры»
 - «Вариационный автоэнкодер»
 - «Conditional вариационный автоэнкодер»
 - «Генеративная состязательная сеть»
 - «Жизненный цикл работы с данными»
 - «Как приготовить презентацию»

- Лабораторные работы (автор Н.С. Коваленко)
 - «Знакомство с Jupyter Notebook. Библиотека NumPy»
 - «Матричные фильтры обработки изображений»
 - «Бинаризация изображения»
 - «Свой матричный фильтр»
 - «Работа с данными из баз данных»
 - «Решение задачи регрессии»
 - «Решение задачи классификации «Титаник»»
 - «Метод ближайших соседей для решения задачи классификации»
 - «Решение задачи классификации с помощью случайных лесов»
 - «Решение задачи регрессии с помощью случайных лесов»
 - «Решение задачи классификации с помощью AdaBoost»
 - «Создание простейшего перцептрона для задачи распознавания цифр»
 - «Распознавание цифр с помощью многослойного перцептрона»
 - «Распознавание цифр с помощью сверточного перцептрона»
 - «Решение задачи классификации для набора данных «Fashion»»
 - «Использование кросс-валидации»
 - «Построение бокс плотов для оценки точности результатов»
 - «Построение автоэнкодера для копирования изображения»
 - «Построение автоэнкодеров для избавления от шума на изображении»
 - «Построение вариационного автоэнкодера»
 - «Построение вариационного автоэнкодера для избавления от шума на изображении»

- «Просмотр результатов обучения на каждой эпохе»
- «Построение генеративной состязательной сети»

Оценочные материалы

Формы подведения итогов по программе

| Вид контроля | Цель | Как часто, когда | Формы | Тема/Название/Содержание |
|------------------------|---|--|----------------|--|
| Входная диагностика | Выявление уровня готовности учащихся к освоению программы | Один раз, в начале учебного года | Тестирование | «Работа с массивами», «Работа со списками», «Работа со строками», «Выполнение математических операций», «Функция поиска минимума/максимума» |
| Промежуточный контроль | Выявление уровня освоения материала учащимися и корректировка процесса обучения | В течение всего учебного года, в конце каждой темы | Зачет | «Представление изображений в компьютере», «Применение сверток», «Алгоритмы предобработки данных», «Алгоритм к соседей», «Классические методы машинного обучения для решения задачи регрессии/классификации», «Строение перцептрона», «Сверточные слои», «Построение деревьев для решения задачи классификации» |
| Итоговый контроль | Выявление уровня освоения программы, дача рекомендаций по продолжению обучения в структуре Центра робототехники | В конце учебного года | Защита проекта | Проект в рамках курса. «Решение задачи классификации «Кошка или собака»», «Решение задачи классификации для разных видов транспорта» |

Система оценивания результативности освоения программы

Параметры оценивания знаний, умений и навыков учащихся

| Измеряемые параметры | Критерии оценки | | |
|---|---|---|---|
| | Низкий уровень знаний и умений | Средний уровень знаний и умений | Высокий уровень знаний и умений |
| Личностные | | | |
| Настойчивость при выполнении задания | Не доводит задачу до конца, не задает вопросы по изученному материалу | Не доводит задачу до конца, задает вопросы при изучении материала | Доводит задачу до конца, при необходимости задает вопросы по изученному материалу |
| Ответственность при выполнении задач | Если не справляется с задачей, не говорит об этом | Если не справляется с задачей, обсуждает ее решение с другими | Справляется с задачей и обсуждает ее решение с другими |

| | | | |
|---|---|--|---|
| | | учениками и/или педагогом | учениками и/или педагогом |
| Навыки коммуникабельности в командной работе | Ничего не обсуждает в своей команде | Говорит только о своих успехах при решении задачи, о своих неудачах/проблемах/вопросах умалчивает | Обсуждает в команде свои успехи и проблемы при решении задачи |
| Предметные | | | |
| Знание основных терминов в области машинного обучения | Слабые познания основных терминов машинного обучения | Средние познания основных терминов машинного обучения, знает формулировки терминов, возникают сложности с формулировкой особенностей основных терминов | Знает все формулировки основных терминов машинного обучения и их особенности |
| Знание классических методов машинного обучения | Владеет теоретическими и практическими знаниями одного из классических методов | Знает теорию всех методов классического обучения, реализовать может несколько из них | Знает теорию всех методов классического обучения, может реализовать любой из них |
| Знание методов обработки данных | Знает, как представлены данные в компьютере | Может выполнять обработку либо изображений, либо таблиц | Владеет всеми методами обработки данных |
| Способность запрограммировать нейронную сеть и обучить ее | Знает архитектуру перцептрона, может ее запрограммировать. Строение остальных сетей поверхностное | Знает архитектуру перцептрона, сверточных сетей, может их запрограммировать | Знает архитектуры всех рассмотренных сетей и может их запрограммировать |
| Метапредметные | | | |
| Навыки поиска информации в области современных компьютерных технологий | Может найти ошибку в своем коде самостоятельно или с помощью интернета | Может найти информацию на заданную тему на русском языке | Может найти информацию на заданную тему и рассказать остальным учащимся |
| Способность анализировать поставленную задачу | Может разбить крупную задачу на подзадачи | Может разбить крупную задачу на подзадачи, реализовать изученный метод | Может разбить крупную задачу на подзадачи, реализовать изученный метод, проанализировать результаты и улучшить алгоритм при необходимости |
| Интерес к научно-исследовательской деятельности | Слушает материал на занятиях | Слушает материал на занятиях, задает вопросы по изученной теории | Слушает материал на занятиях, дополнительно читает статьи дома, задает вопросы по самостоятельно изученному материалу |

V. Список литературы

Для педагога:

- Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. «Глубокое обучение». 2017 г.
- Чару Аггарвал. «Нейронные сети и глубокое обучение». 2020 г.
- Франсуа Шолле. «Глубокое обучение на Python». 2018 г.
- Орельен Жерон. «Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn и TensorFlow». 2018 г.
- С. Николенко, А. Кадури, Е. Архангельская. «Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей». 2018 г.
- Р. Гонсалес, Р. Вудс Цифровая обработка изображений — М: Техносфера, 2005 — 1007с
- Анисимов Б.В. Распознавание и цифровая обработка изображений – М.: Высш. школа, 1983 – 295с

Для учащихся:

- Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. «Глубокое обучение». 2017 г.
- Франсуа Шолле. «Глубокое обучение на Python». 2018 г.
- Орельен Жерон. «Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn и TensorFlow». 2018 г.
- С. Николенко, А. Кадури, Е. Архангельская. «Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей». 2018 г.
- Р. Гонсалес, Р. Вудс Цифровая обработка изображений — М: Техносфера, 2005 — 1007с
- Анисимов Б.В. Распознавание и цифровая обработка изображений – М.: Высш. школа, 1983 – 295с

VI. Рабочая программа «Нейронные сети и основы искусственного интеллекта»

1. Тема «Введение: что такое искусственный интеллект»

Теория

Определение искусственного интеллекта. Описание возможностей искусственного интеллекта. Определение машинного обучения. Определение модели. Возможности обученной модели. Три закона робототехники.

Определение целей машинного обучения. Три компонента машинного обучения: данные, признаки, алгоритм. Описание проблем с данными. Определение признаков. Определение алгоритма. Сложности выбора алгоритма.

2. Тема «Представление изображений в компьютере»

Теория

Определение изображения. Определение upsampling. Определение downsampling. Определение матрицы. Примеры матриц. Доступ к элементам матрицы. Представление матрицы в общем виде. Квадратные матрицы. Квадратные матрицы специального типа. Операции с матрицами: вынесение минуса из матрицы, сложение матриц, вычитание матриц, умножение матрицы на число, умножение двух матриц, транспонирование матрицы.

Практика:

Знакомство с Jupyter Notebook. Библиотека Numpy: работа с числами, массивами, строками.

Программирование upsampling и downsampling.

Выполнение операций над матрицами: вынесение минуса из матрицы, сложение матриц, вычитание матриц, умножение матрицы на число, умножение матриц, транспонирование матрицы.

3. Тема «Определение свертки»

Теория

Определение свертки. Определение соседних пикселей на изображении. Пиксели окружения. Определение ядра свертки. Пример ядра свертки. Нулевой отступ для сохранения размерности изображения. Определение шага свертки. Определение многоканальной свертки. Пример многоканальной свертки. Определение фильтра изображения.

Практика

Выполнение упражнений на определение соседних пикселей на изображении. Применение свертки к изображению 5 x 5. Применение нулевого отступа для изображения 5 x 5. Применение свертки с шагом 1,2,3 пикселя.

4. Тема «Решение задачи регрессии классическими методами машинного обучения»

Теория

Определение линейной регрессии. Примеры задач линейной регрессии. Метод наименьших квадратов (МНК). Изменение начального набора данных. Вычисление коэффициентов линейной зависимости. Определение среднеквадратичной ошибки (SSE). Вычисление среднеквадратичной ошибки (SSE). Определение квадратичной регрессии. Обобщение задачи регрессии для k-мерного пространства. Метод наименьших квадратов для k-мерного случая.

Практика

Решение задачи линейной регрессии методом наименьших квадратов. Вычисление среднеквадратичной ошибки.

Решение задачи регрессии для трехмерного случая.

5. Тема «Решение задачи классификации классическими методами машинного обучения»

Теория

Определение задачи классификации. Формальная постановка. Пример «Фрукты». Пример «Цифры». Пример «Животные». Виды классификации по числу классов. Виды классификации по числу общих элементов. Возможные типы входных данных.

Возможные наборы признаков. Примеры задач из жизни.

Наивный байесовский классификатор. Построение гистограмм частоты интенсивности.

Определение дерева. Определение узла дерева. Связь узлов в дереве. Дерево принятия решений. Пример дерева принятия решений. Построение оптимального дерева решений. Связь деревьев и булевых операций. Построение дерева. Отбрасывание лишних веток дерева.

Работа с данными из баз данных. Удаление строк. Удаление столбцов. Замена данных.

Построение графиков. Доступ к ячейкам таблиц.

Использование различных метрик: евклидова метрика, манхэттенская метрика. Описание метода. Оценка результатов метода.

Практика

Построение гистограмм частоты интенсивности изображения. Построение дерева принятия решения для решения задачи «Зоопарк». Упрощение построенного дерева.

Построение оптимального дерева. Сравнение решения в группе учащихся.

Решение задачи «Титаник»: загрузка данных, преобразование исходной таблицы, замены данных для удобства дальнейшего использования, построение дерева принятия решений, программирование этого дерева, оценка результатов.

Решение задачи «Титаник» методом k-ближайших соседей. Определение набора данных и признаков для решения. Построение графиков результата в зависимости от выбора признаков.

6. Тема «Ансамбли моделей»

Теория

Определение ансамблей. Использование ансамблей в машинном обучении. Пример «Мудрость толпы». Определение бутстрэпа. Метод бутстрэпа. Основная идея применения ансамблей. Бэггинг. Пример применения бэггинга. Случайные леса. Плюсы и минусы случайных лесов. Стэкинг. Плюсы и минусы стэкинга. Бустинг. Отличия бэггинга и бустинга.

Практика

Разделение данных с помощью бутстрэпа. Решение задачи «Зоопарк» с помощью бэггинга, стэкинга, бустинга. Сравнение результатов между этими методами: качество, скорость.

7. Тема «Решение задач с помощью нейронных сетей»

Теория

Перцептрон. Строение перцептрона. Определение основных компонент: нейрон, вес.

Принцип работы перцептрона. Классификация перцептронов: с одним скрытым слоем, однослойный, многослойный. Описание общей схемы. Задачи, которые решаются с помощью перцептрона. Обучение перцептрона.

Определение функции активации. Схема применения. Определение ступенчатой функции активации. Проблемы ступенчатой функции активации. Логистическая функция активации. Другие виды функции активации: гиперболический тангенс, полулинейная, лилейная. Решение проблемы: как выбрать функцию активации.

Определение сверточного слоя. Типовая архитектура сверточной сети. Схема архитектуры сверточной сети. Применение сверток. Применение нулевого отступа. Определение пуллинга. Особенности последнего и предпоследнего слоев.

Определение переобучения. Причины переобучения. Способы определения переобучения модели. Пример переобучения. Способы борьбы с переобучением: уменьшение признаков, увеличение набора данных, изменение архитектуры нейронной сети.

Практика

Построение простейшего персептрона. Программирование создания и обновления весов для простейшего персептрона. Построение однослойного персептрона. Программирование создания и обновления весов для однослойного персептрона.

Программирование вычисления функций активации: ступенчатой, линейной, полулинейной, слабой полулинейной, гиперболического тангенса, сигмоиды. Сравнение результатов после этих функций активации. Выводы: какую лучше использовать функцию активации для различных входных данных.

Решение задачи «Зоопарк» с помощью сверточной нейронной сети. Сравнение решения с персептроном по качеству и времени обучения. Применение различных сверток и влияние этого на результат. Применение разных функций активации и влияние этого на результат. Программирование определения переобучения моделей. Построение графиков ошибки и точности. Анализ графиков.

8. Тема «Автоэнкодеры»

Теория

Определение автоэнкодера. Применение автоэнкодеров. Строение простейшего автоэнкодера. Определение энкодера. Строение энкодера. Определение декодера. Строение декодера.

Определение вариационного автоэнкодера. Строение вариационного автоэнкодера.

Определение операции сэмплирования. Пример сэмплирования. Использование вариационного автоэнкодера для решения задач.

Проблемы при работе с вариационными автоэнкодерами. Определение conditional вариационного автоэнкодера. Строение conditional вариационного автоэнкодера.

Определение генеративной состязательной сети. Историческая справка. Строение: генератор, дискриминатор. Пример архитектуры. Применение генеративных состязательных сетей на производстве.

Практика

Построение большого набора изображений по одному входному изображению с помощью простейшего автоэнкодера.

Программирование обучения вариационного автоэнкодера для генерации различных цифр.

Программирование conditional вариационного автоэнкодера для генерации изображений различных цифр. Избавление изображений от шума. Сравнение с вариационным автоэнкодером.

Программирование архитектуры и обучения генеративной состязательной сети для создания изображения цифр. Изображение результатов после выполнения каждой эпохи обучения.

9. Тема «Разработка проекта»

Теория

Определение жизненного цикла анализа данных. Схема разработки проекта и работа с данными. Вопросы, на которые необходимо ответить прежде чем приступить к проекту.

Подготовка данных. Проектирование модели. Построение модели. Обсуждение результатов. Распределение времени на задачи при работе в команде. Советы.

Назначение презентаций. Различные типы презентаций: научный проект, учебный доклад, производственный отчет, документация. Общие свойства презентаций. Оформление текстовой части слайда. Начало и завершение презентации. Структура презентации.

Разбор ошибок. Советы по содержанию.

Практика

Разделение на команды. Выбор темы для проекта. Формулировка постановки задачи.

Поиск данных для обучения, тестирования модели. Поиск и изучение дополнительной

литературы в рамках поставленной задачи. Поиск существующих решений поставленной задачи. Программирование нейронной сети. Анализ результатов. Анализ графиков функции ошибки. Модификация архитектуры нейронной сети. Подготовка презентации для защиты. Подготовка текста для защиты. Защита проекта.