УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ АДМИНИСТРАЦИИ КОЛПАШЕВСКОГО РАЙОНА
МУНИЦИПАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«СРЕДНЯЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ШКОЛА № 7 ИМЕНИ ГЕРОЯ СОВЕТСКОГО СОЮЗА НИКОЛАЯ ГЕРАСИМОВИЧА БАРЫШЕВА» Г.КОЛПАШЕВО

СОГЛАСОВАНО	ПРИНЯТА	УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора по ВР	на педагогическом совете	Директор МАОУ «СОШ №7 им. Н.Г.Барышева»
_____ Никифорова Т.Г.	Протокол № 11 от 14.05.2024	_____ Жукова И.В.
		Приказ от 17.05.2024г. № 141

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2B8B54EABE9A1289B0F6AB3D175E5950
Владелец: Жукова Инна Витальевна
Действителен: с 05.09.2023 до 28.11.2024

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОБЩЕРАЗВИВАЮЩАЯ ПРОГРАММА
«МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ»

Направленность: техническая
Уровень: ознакомительный
Возраст учащихся: 16-18 лет
Срок реализации:1 год

Автор-составитель:
Чипизубова Л.В.,
педагог доп.образования

г. Колпашево, 2024 год

СОДЕРЖАНИЕ

1. Аннотация
2. Пояснительная записка
3. Учебный план
4. Содержание программы
5. Планируемые результаты
6. Формы аттестации и оценочные материалы
7. Организационно-педагогические условия реализации программы
8. Реализация образовательной программы
9. Список литературы и иных источников

АННОТАЦИЯ

Рабочая программа разработана с целью оказания методической помощи педагогу дополнительного образования в создании рабочей программы по машинному обучению, ориентированной на современные тенденции в школьном образовании и активные методики обучения.

Рабочая программа позволит педагогу:

реализовать в процессе преподавания поэтапный процесс осознания сущности машинного обучения и нейронных сетей в том числе, современные подходы к достижению личностных, метапредметных и предметных результатов обучения, определить и структурировать планируемые результаты обучения и содержание дополнительной общеобразовательной общеразвивающей программы по годам обучения в соответствии с ФГОС ООО; разработать календарно-тематическое планирование с учётом особенностей конкретной группы, используя рекомендованное примерное распределение учебного времени на изучение определённого раздела/темы, а также предложенные основные виды учебной деятельности для освоения учебного материала разделов/тем курса.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Данная программа ориентирована на приобщение детей к знакомству с одним из самых перспективных направлений нашего времени – машинное обучение. Наука о данных (Data Science) – обширная сфера, которая сочетает в себе несколько смежных дисциплин. Это программирование, математика и статистика, бизнес-аналитика и машинное обучение. В каждом блоке ребенок изучает поэтапно все эти дисциплины.

Акцент в программе сделан не только на совершенствование математического аппарата и навыковпрограммирования (язык Python), но и решения конкретных реальных задач, актуальных в научном мире обработки данных и области технических разработок.

Актуальность программы. Data Science, или наука о данных, которая включает себя разработки глубоких моделей (нейронных сетей) оказались ключом, подходящим ко всем замкам сразу: новые архитектуры и алгоритмы обучения, а также увеличившиеся вычислительные мощности и появившиеся огромные наборы данных привели к серьезным изменениям в компьютерном зрении, распознавание речи, обработке естественного языка и многое другое. Спрос на аналитиков данных увеличивается каждый год. А использование в обучающих программах передовые технологии и актуальных концепций современного общества дает возможность ученикам почувствовать себя частью глобального прогресса науки.

Педагогическая целесообразность

Программы для школьников в данном направлении лишь начинаются появляться в различных кружках и центрах дополнительного образования. Раньше нейронные сети были условной единой областью знаний, сейчас входящие в него подобласти – компьютерное зрение, работа с естественным языком, обучение с подкреплением, генеративно-состязательные сети и другие методы, - выделяются в самостоятельные сферы специализации. В программе «Машинное обучение» подразумевается условное деление на различные подобласти и знакомство с ними. Далее обучающийся выбирает наиболее интересное для себя направление и продолжает заниматься исследованием, проектной деятельностью в данной конкретной области или на стыке областей.

Цель дополнительной образовательной программы «Машинное обучение» – знакомство и создание базы знаний в области анализа данных и возможными инструментами обработки данных, также применение полученных знаний и навыков для последующей проектной деятельности.

Задачи дополнительной образовательной программы «Машинное

обучение»:

Обучающими задачами программы являются:

- познакомить учеников с тремя основными необходимыми для анализа данных направлениями математики: основы линейной алгебры, математический анализ и теория вероятностей и статистика.

- расширить навыки программирования на языке Python, и познакомить с основными библиотеками для анализа данных;

- обучить ученика собирать, хранить, приводить данные в приемлемый вид – очищать, форматировать и определять, что именно можно узнать из этих данных;

- сформировать способность анализировать данные и обучать алгоритмы, используя математический аппарат, а также подбирать подходящие метрики для оценки качества модели;

Развивающим задачами программы являются: развить у обучающихся логических и аналитических процессов, а также творческой уверенности в создании собственных проектов.

Воспитательными задачами программы являются: воспитать настойчивость и упорство в достижении поставленной цели, создать спокойное отношение к ошибкам и проявление уверенности в собственных силах, воспитать чувства порядочности, аккуратности, честности.

Адресность дополнительной образовательной программы «Машинное обучение» – на занятия принимаются все желающие в возрасте 16 до 18 лет.

Формы и режим занятия дополнительной образовательной программы «Машинное обучение». Занятия проводятся 1 раз в неделю 2 учебных часа. Рекомендуемый состав группы до 12 человек.

Срок реализации программы дополнительной образовательной программы «Машинное обучение» составляет 68 учебныхчасов.

УЧЕБНЫЙ ПЛАН

№	Название раздела, темы	количество часов			Форма контроля
		Всего	Тео-рия	Прак-тика	
1	**Вводное занятие.**	2	2	0	Диагностика образовательных результатов обучающихся
2	Знакомство с языком Python.	10	2	8	Демонстрация программы.
3	Введение в математический анализ.	4	2	2	Письменная проверочная работа.

4	Основы линейной алгебры.	8	4	4	Демонстрация программы.
5	Вероятность и случайные величины.	4	2	2	Письменная проверочная работа.
6	Статистики.	2	1	1	Фронтальный опрос
7	Машинное обучение и линейные модели.	14	2	12	Демонстрация программы.
8.	Объектно-ориентированное программирование в Python.	4	2	2	Демонстрация программы.
9	Введение в нейронные сети.	4	2	2	Демонстрация программы.
10	Сверточные нейронные сети.	4	2	2	Демонстрация программы.
11	Рекуррентные нейронные сети.	4	2	2	Демонстрация программы.
12	Интеллектуальная обработка текстов.	4	2	2	Демонстрация программы.
13	Современные архитектуры.	4	2	2	Демонстрация программы.
	Всего часов	**68**	**27**	**41**	

СОРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Вводное занятие (2)

1-2. *Теория.* Знакомство с содержанием курса и перспективными направлениями в даннойобласти. Инструктаж по технике безопасности.

Знакомство с языком Python (10)

3-4. Основы языка Python

Теория. Ввод данных, основные типы данных, операторы, условный оператор if и тип данных None.

Практика. Решение задач на ввод данных, с использованием условного оператора.

5-6. Тип переменной «строка»

Теория. Строки, методы работы со строками.

Практика. Решение задач на обработку строк.

7-8. Структуры данных и встроенные функции

Теория. Знакомство с основными структурами данных. Список. Методы списков. Кортеж.

Практика. Решение задач с использованием встроенных функций.

9-10. Циклы for и while

Теория. Итерирование с помощью циклов, особенности построения циклов.Функция range(). Функции enumerate, zip и итерирование по двум аргументам.

Практика. Решение задач с использованием операторов цикла.

11-12. Структуры данных: множества и словари

Теория. Множества и методы множеств. Словари, методы и особенностиработы со словарем.

Практика. Решение задач по теме на конкретных данных.

Введение в математический анализ (4)

13. Функция

Теория. Функция и ее свойства. Основные функции и графики.

Практика. Знакомство с библиотекой для визуализации графиков Matplotlib. Отрисовка графиков.

14. Производная функции

Теория. Предел и производная. Геометрический и физический смысл производной.

Практика. Нахождение производных с помощью таблицы производных. Знакомство с библиотекой SymPy.

15-16. Производная сложной функции

Теория. Производная сложной функции. Задача нахождения экстремума.Вторая производная и выпуклость.

Практика. Нахождение производных сложных функций. Решение оптимизационных задач с помощью SciPy.

Основы линейной алгебры (8)

17-18. Вектора и операции с ними

Теория. Векторное пространство. Операции над векторами (сложение, вычитание, умножение). Знакомство с библиотекой Numpy.

Практика. Задачи, связанные с действиями над векторами. Работа в библиотеке Numpy.

19-20. Матрицы и операции с ними

Теория. Матрица, основные понятия и виды матриц. Операции над матрицами. Матричное произведение. Определитель и ранг матрицы. Транспонирование матриц. Знакомство с библиотекой Numpy для работы с матрицами.

Практика. Задачи, связанные с действиями над матрицами. Работа в библиотеке Numpy и Scipy.

21. Признаковое пространство

Теория. Признаковое описание. Линейная зависимость. Размерность

векторного пространства. Нормы: Манхэттенское расстояние и Евклидова норма.

Практика. Нахождение расстояния (манхэттенское и евклидово) между двумявекторами с помощью библиотеки Scipy. Скалярное произведение и угол между векторами.

22-23. Системы линейных уравнений

Теория. Системы линейных уравнений. Особые виды матриц. Собственные числа и векторы.

Практика. Основные методы ndarray. Нахождение собственных чисел и векторов матрицы. Пакет numpy.linalg.

24. Матричные разложения

Теория Разложение матриц в произведение. Сингулярное разложение. Приближение матрицей меньшего ранга.

Практика Стандартные операции и разложение матриц. Пакет numpy.linalg.

Вероятность и случайные величины (4)

25. Случайность и вероятность

Теория. **Случайность в теории вероятностей и статистики. Вероятность события. Закон больших чисел. Свойства вероятности. Вероятность пары событий. Независимость событий.**

Практика. Задачи по теории вероятностей.

26. Условная вероятность. Теорема Байеса

Теория. Условная и полная вероятность. Формула Байеса. Понятие дискретнойслучайной величины.

Практика. Решение задач на определение условной и полной вероятности.

27. Распределения дискретных случайных величин

Теория. Распределение Бернулли. Биномиальное распределение. Элементы комбинаторики: число сочетаний, распределений. Распределение Пуассона.

Практика. Решение задач с использованием различных законов распределения.

28. Распределения непрерывных случайных величин

Теория. Равномерное распределение. Нормальное распределение.

Практика. Работа со случайными величинами в ipython notebook. Библиотека random.

Статистики (2)

29. Распределения, параметры и оценки

Теория. Оценка распределения по выборке. Важные характеристики распределений. Важные статистики.

Практика. Статистики с помощью библиотеки statistics.

30. Центральная предельная теорема и доверительные интервалы

Теория. Центральная предельная теорема. Понятие доверительный интервал.

Практика. Применение ЦПТ для построения доверительного интервала

Машинное обучение и линейные модели (14)

31-34. Предобработка данных– 4 часа

Теория. Знакомство с машинным обучением. Виды машинного обучения. Обучение с учителем. Признаки в машинном обучении.

Практика. Знакомство с библиотекой Pandas. Предобработка данных на примере данных «Титаник». Преобразование признаков и статистический анализ данных. Библиотека seaborn.

35-39. Линейные модели в задачах регрессии

Теория. Линейная регрессия. Обучение линейной регрессии. Градиентный спуск для линейной регрессии. Функции потерь. Переобучение. Регуляризация. Метрика качества.

Практика. Реализация градиентного спуска на примере различных функций. Обучение линейной регрессии. Построение предсказаний. Знакомство с библиотекой Scikit-Learn.

40-44. Линейные модели в задачах классификации

Теория. Логистическая регрессия. Обучение логистической регрессии. Функции потерь в задачах классификации. Метрика качества.

Практика. Обучение логистической регрессии на данных «Титаник». Использование регуляризации и подбор параметров модели. Знакомство с библиотекой Scikit-Learn.

Объектно-ориентированное программирование в Python (4)

45-48. Классы и объекты

Теория. Разделение сущности на классы. Потомки и предки. Определениефункций класса. Унаследованные функции. Инициализация объектов.

Практика. Создание объектов для классов. Использование функции длязадания характеристик класса.

Введение в нейронные сети (4)

49. Граф вычислений и дифференцирование на нем

Теория. Как брать производную на графе вычислений. Алгоритм обратногораспространения ошибки.

Практика. Введение в TensorFlow. Инициализация переменных. Понятиетензор. Обучение линейной регрессии с помощью TensorFlow.

50. Многослойная сеть на PyTorch

Теория. Компоненты нейросети. Forward pass и Backward pass.

Практика. Создание многослойной нейросети на конкретных датасетах (FashionMnist)

51. Переобучение и регуляризация нейросетей

Теория. Регуляризация в нейронных сетях с помощью дропаут. Инициализациявесов. Случайная инициализация и инициализация Ксавье.

Практика. Задача распознавания рукописных цифр с помощью Keras приразной инициализации весов. Сравнение результатов.

52. Метод Batch Normalization

Теория. Нормализация по мини-батчам. Какие проблемы решает метод и какего использовать.

Практика. Задача распознавания рукописных цифр с применением нормализации по мини-батчам. Сравнение результатов.

Сверточные нейронные сети (4)

53. Введение в сверточные сети и основные понятия

Теория. Карта признаков. Каналы. Ядро свертки. Сверточное преобразование. Слой Pooling. Понятия Padding, stride. Субдискретизация. Receptive field.

Практика. Операция свертки в TensorFlow. Реализация сверточного слоя и слоя max-pooling с помощью библиотеки NumPy.

54. Реализация сверточной нейронной сети

Практика. Реализация сверточной нейронной сети на примере задачи классификации картинок на данных CIFAR-10 с помощью TensorFlow и Keras.

Реализация сверточной нейронной сети на примере задачи классификации картинок на данных CIFAR-10 с помощью Pytorch.

55. Современные архитектуры нейронных сетей. Transfer learning

Теория. VGG, Inception, Resnet. Метод Transfer learning. Обзор моделей VGG, Inception, Resnet в Keras.

Практика. Реализация сверточной нейронной сети на примере задачи классификации картинок на данных ImageNet с помощью метода Transfer learning на TensorFlow.

56. Регуляризация нейронных сетей. Transfer learning – 6 часов

Теория. Способы регуляризации нейронных сетей. Augmentation. Transfer learning

Практика. Реализация сверточной нейронной сети на примере задачи классификации картинок на данных ImageNet с помощью метода Transfer learning на Pytorch. Использование регуляризации.

Рекуррентные нейронные сети (4)

57-58. Обработка последовательностей

Теория. Типы задач машинного обучения, связанных с последовательностями.Распространение ошибки и архитектуры RNN.

Практика. Обзор задач с последовательностями.

59-60. Ячейки памяти

Теория. Двунаправленные рекуррентные сети. Языковое моделирование. Рекуррентные ячейки памяти: LSTM и GRU.

Практика. Пример задачи посимвольного порождения текстов с применением ячеек LSTM.

Интеллектуальная обработка текстов (4)

61-62. Распределенное представление слов Word2Vec

Теория. Разновидность модели W2V: CBOW и skip-gram. Понятие embedding. Предобработка данных: токенизация, лемматизация, выделение биграмм/триграмм.

Практика. Эксперименты с моделями W2V на основании русскоязычной «Википедии». Примеры ближайших соседей и линейных соотношений в модели W2V.

63-64. Задача классификации текстов

Теория. Постановка задачи. Определение методов решения и способов оценивания.

Практика. Анализ тональности текстов на данных IMDB (отзывы к фильмам).Предобработка данных и создание собственной нейросети на основе полученных знаний.

Современные архитектуры (4)

65-66. Модели с вниманием

Теория. Сети с вниманием. Виды внимания. Машинный перевод. Диалоговаямодель.

Практика. Архитектура encoder-decoder.

67-68. Порождающие модели

Теория. Таксономия порождающих моделей. Казуальные свертки. Состязательные сети. Дискриминатор и генератор.

Практика Трюк с логистическим сигмоидом. Практическое применениепорождающей модели.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

К концу обучения по Программе обучающиеся будут **знать**:

– базовые основы математики (для понимания всего последующего материала);

– основы для построения предсказательных моделей с помощью алгоритмов машинного обучения и оценки их качества;

– интуитивно работу нейронных сетей;

– основы современных архитектур и основных задач, которые можно

решать с помощью нейронных сетей.

К концу обучения по Программе обучающиеся будут **уметь**:

– использовать технологии создания своей программы на языке программирования;

– планировать ход выполнения задания;

– прогнозировать результаты работы;

– представлять информацию различными способами;

– использовать основные библиотеки для анализа данных на языке Python.

Формирование функциональной грамотности будет осуществляться через умение самостоятельно выявлять проблему, находить способы ее решения, гибко реагировать на новые вводные – то есть применять на практике полученные знания, опираясь при этом на собственный жизненный опыт. Приоритет отдается практическим занятиям, т.к. это имеет большое значение в формировании мировоззрения, закреплении теоретических знаний, приобретении различных умений и навыков.

ФОРМЫ АТТЕСТАЦИИ И ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

При подведении итогов реализации Программы действует безоценочная система. Содержание и объем материала, подлежащего проверке, определяется Программой. Основными формами проверки знаний, умений и навыков обучающихся являются завершенные практические работы, самостоятельная работа. Хорошим показателем работы является участие обучающихся в конкурсах и фестивалях различного уровня.

Следует заметить, что формальные результаты выступлений слушателей на различных мероприятиях (грамоты, дипломы и т.п.) не должны быть оценкой успешности занятий ребенка в объединении. Само выступление на таком мероприятии — уже большое достижение слушателя.

Оценочный инструментарий:

- Анкетирование, выявление заинтересованности предметом.
- Оценка качества выполнения практических работ.
- Тестирование.

ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

Методическое обеспечение реализации программы

Данная Программа опирается на принципы научности, последовательности, преемственности, доступности, наглядности, поддержания интереса к ней.

С целью более эффективной реализации Программы созданы условия для благоприятного, личного общения педагога с обучающимися, используются технологические средства обучения, применяются игровые технологии и творческая деятельность, проводятся практические работы. Теоретический материал дается в доступной, наглядной, эмоционально-окрашенной форме. Обучающиеся вовлекаются в проектную и исследовательскую деятельность.

Основными характерными при реализации данной Программы формами проведения занятий являются комбинированные занятия, состоящие из теоретической и практической частей, причем большее количество времени занимает практическая часть.

При проведении занятий традиционно используются три формы работы:

• демонстрационная, когда обучающиеся слушают объяснения педагога и наблюдают за демонстрационным экраном или экранами компьютеров на ученических рабочих местах;

• фронтальная, когда обучающиеся синхронно работают под управлением педагога;

• самостоятельная, когда обучающиеся выполняют индивидуальные задания в течение части занятия или нескольких занятий.

Основной формой организации деятельности обучающихся на занятии является групповая работа. В течение всего времени обучения по Программе обучающиеся приобретают теоретические знания, которые подкрепляются практической деятельностью. Основными формами, обеспечивающими сознательное и прочное усвоение обучающимися материала, являются:

- учебно-практическое занятие, сочетающее теоретическое и практическое освоение новых знаний, умений и навыков;
- занятие-практикум предусматривает отработку практических навыков;
- занятие – самостоятельная работа формирует навык самостоятельной деятельности.

При изучении теоретического материала с учётом возрастных особенностей организуются практические работы, самостоятельная работа, подготовка творческих работ, исследовательских работ, проектов. Организуется работа с ресурсами Интернет.

Программа предусматривает использование различных педагогических технологий, применяемых в системе дополнительного образования:

- игровые (обеспечивают личностную мотивационную включенность каждого обучающегося);
- проектного (или исследовательского) обучения;
- обучения в сотрудничестве (или в малых группах) – одна из наиболее эффективных технологий личностно-ориентированного образования;
- здоровьесбергающие – создающие максимально возможные условия

для сохранения, укрепления и развития духовного, эмоционального, интеллектуального, личностного и физического здоровья всех субъектов образования (учащихся, педагогов);

- информационные (или ИКТ).

Внедряемые технологии позволяют развить способности каждого обучающегося, включив его в активную деятельность, доведя представления по изучаемой теме до формирования устойчивых понятий и умений.

Реализация Программы строится на принципах: «от простого к сложному» (усложнение идёт «расширяющейся спиралью»), доступности материала, развивающего обучения. На первых занятиях используется метод репродуктивного обучения – это все виды объяснительно-иллюстративных методов (объяснение, демонстрация наглядных пособий). На этом этапе обучающиеся выполняют задания точно по образцу и объяснению. В течение дальнейшего обучения постепенно усложняя технический материал, подключаются методы продуктивного обучения, такие как метод проблемного изложения, частично-поисковый метод. В ходе реализации Программы осуществляется вариативный подход к работе.

Творчески активным обучающимся предлагаются дополнительные или альтернативные задания, с более слабыми обучающимися порядок выполнения работы разрабатывается вместе с педагогом.

РЕАЛИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Реализация программы основана на нескольких идеях, на которых, по представлению автора, должны основываться принципы организации учебно-воспитательного процесса.

Идея гуманистического подхода предусматривает отношение педагога к обучающемуся как к младшему товарищу, который будет его сменой.

Идея индивидуального подхода вытекает из учета личностных особенностей, в том числе в области выбора ребенком характера работы в объединении.

Идея творческого саморазвития реализуется через побуждение всех детей к самостоятельным исследованиям, самовоспитанию и самосовершенствованию.

Идея практической направленности осуществляется через сочетание теоретической и экспериментальной работы, участие в олимпиадах, турнирах и конкурсах.

Идея коллективизма опирается на совместную работу групп детей по решению экспериментальных задач, коллективное обсуждение теоретических вопросов и коллективный разбор результатов выступлений в различных мероприятиях.

Программа реализуется на основе следующих принципов:

– *принцип научности*, направленный на получение достоверной информации о современном состоянии естественно-научных знаний;

– *принцип систематичности и последовательности*, требующий логической

последовательности в изложении материала;

– *принцип доступности,* заключающийся в необходимой простоте изложения материала;

– *принцип преодоления трудностей,* предусматривающий, что обучающее задание не должно быть слишком простым;

– *принцип сознательности и активности*, основанный на свободном выборе ребенка направления своей работы.

Материально-технические условия реализации Программы

Продуктивность работы во многом зависит от качества материально-технического оснащения процесса, инфраструктуры организации и иных условий. При реализации Программы используются методические пособия, дидактические материалы, материалы на электронных носителях.

Для успешного проведения занятий и выполнения Программы в полном объеме необходимы:

инфраструктура организации:

• учебный кабинет;

технические средства обучения:

• ПК – 20 шт. (операционная система 64-битная); процессор с тактовой частотой 2200 MHz и более; ОЗУ не менее 2 ГБ; видеокарта с видеопамятью объемом не менее 256 Мб);

• специализированное ПО (скачивается бесплатно);

• интерактивная доска;

• акустические колонки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Николенко С., Кадурин А., Архангельская Е. Глубокое обучение – СПб.: Питер, 2018 – 480 с.
2. Курс «Прикладные задачи анализа данных» [Электронный ресурс]. URL: https://ru.coursera.org/lecture/data-analysis- applications/analiz-tonal-nosti-tieksta-r79kd
3. Открытый курс машинного обучения [Электронный ресурс]. URL: https://habr.com/company/ods/blog/323890/
4. Matplotlib [Электронный ресурс]. URL: https://fadeevlecturer.github.io/python_lectures/notebooks/visualization/matplotlib.html
5. Теорема Байеса для чайников [Электронный ресурс]. URL: https://habr.com/ru/articles/739648/
6. Первая модель: набор данных Fashion MNIST [Электронный ресурс]. URL: https://habr.com/ru/articles/454034/
7. Введение в машинное обучение с помощью scikit-learn (перевод документации) [Электронный ресурс]. URL: https://habr.com/ru/articles/264241/

8. Библиотека глубокого обучения Tensorflow [Электронный ресурс]. URL: https://habr.com/ru/companies/ods/articles/324898/