

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Методические указания**  
**по выполнению практических занятий**  
по дисциплине «Интерпретируемое машинное обучение»

для студентов направления подготовки  
09.03.02 «Информационные системы и технологии»  
Профиль «Прикладное программирование в интеллектуальных  
информационных системах»

Автор: Николаев Е.И.

Ставрополь, 2026

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....                                                                                              | 3  |
| ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1. ПЕРВИЧНЫЙ АНАЛИЗ<br>ДАННЫХ .....                                                    | 4  |
| ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ.....                                                            | 14 |
| ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3. МЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ<br>КЛАССИФИКАЦИИ .....                                           | 30 |
| ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4. ЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ<br>КЛАССИФИКАЦИИ .....                                            | 40 |
| ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5. РАЗРАБОТКА ЕДИНОГО<br>ПОДХОДА К ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ..                 | 50 |
| ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 6. ПОСТРОЕНИЕ ПАЙПЛАЙНА<br>ОДНОМЕРНОЙ РЕГРЕССИИ.....                                   | 58 |
| ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 7. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ<br>РАЗРАБОТАННОГО ПАЙПЛАЙНА ДЛЯ МНОГОМЕРНОЙ<br>РЕГРЕССИИ .....        | 63 |
| ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 8. ПОЛИНОМИАЛЬНАЯ<br>РЕГРЕССИЯ .....                                                   | 70 |
| ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 9. КЛАСТЕРИЗАЦИЯ.....                                                                  | 76 |
| ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 10. СНИЖЕНИЕ РАЗМЕРНОСТИ.                                                              | 81 |
| ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 11. АНАЛИЗ МНОГОМЕРНЫХ<br>ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ<br>РАЗМЕРНОСТИ..... | 88 |
| ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 12. МНОГОСЛОЙНАЯ<br>НЕЙРОННАЯ СЕТЬ.....                                                | 91 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....                                                                                           | 96 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....                                                                                    | 97 |

## ВВЕДЕНИЕ

**1. Цели и задачи освоения дисциплины.** Методические указания к практическим работам по дисциплине «Интерпретируемое машинное обучение» для студентов направления 09.03.02 «Информационные системы и технологии». Методические указания охватывают теоретические аспекты построения информационных систем на основе методов искусственного интеллекта. Основное внимание уделяется теории обучения машин (машинное обучение, machine learning).

Основная задача науки и реальной жизни – получение правильных предсказаний о будущем поведении сложных систем на основании их прошлого поведения. Многие задачи, возникающие в практических приложениях, не могут быть решены заранее известными методами или алгоритмами. Это происходит по той причине, что нам заранее не известны механизмы порождения исходных данных или же известная нам информация недостаточна для построения модели источника, генерирующего поступающие к нам данные. Как говорят, мы получаем данные из «черного ящика». В этих условиях ничего не остается, как только изучать доступную нам последовательность исходных данных и пытаться строить предсказания совершенствуя нашу схему в процессе предсказания. Подход, при котором прошлые данные или примеры используются для первоначального формирования и совершенствования схемы предсказания, называется методом машинного обучения (Machine Learning). Машинное обучение – чрезвычайно широкая и динамически развивающаяся область исследований, использующая огромное число теоретических и практических методов.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1. ПЕРВИЧНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ**

### **1. Цели и задачи**

Цель лабораторной работы: изучение программных средств для организации рабочего места специалиста по анализу данных и машинному обучению.

Основные задачи:

- получение программного доступа к данным, содержащимся в источниках различного типа;
- выполнение предварительного анализа данных и получение обобщенных характеристик наборов данных;
- исследование простых методов визуализации данных;
- изучение основных библиотек Python для работы с данными.

### **2. Теоретическое обоснование**

Перед выполнением лабораторной работы необходимо ознакомиться с базовыми принципами языка Python, используя следующие источники: [1-5]. Особое внимание необходимо уделить репозиторию [5] с исходными кодами.

### **3. Методика и порядок выполнения работы**

Перед выполнением индивидуального задания рекомендуется выполнить все пункты учебной задачи.

#### **3.1 Учебная задача**

Необходимо организовать подготовку данных для построения модели (допустим модели классификации). В качестве данных выбран набор данных об ирисах Фишера. Это, пожалуй, самый известный набор данных, с которого многие начинают исследование алгоритмов машинного обучения.

Данный набор данных предназначен для построения модели классификации. Данные о 150 экземплярах ириса (рис. 1.1), по 50 экземпляров из трёх видов – Ирис щетинистый (*Iris setosa*), Ирис виргинский (*Iris virginica*) и Ирис разноцветный (*Iris versicolor*). Для каждого экземпляра измерялись четыре характеристики (в сантиметрах):

- 1) длина наружной доли околоцветника (sepal length);
- 2) ширина наружной доли околоцветника (sepal width);
- 3) длина внутренней доли околоцветника (petal length);
- 4) ширина внутренней доли околоцветника (petal width).

На основании этого набора данных требуется построить правило классификации, определяющее вид растения по данным измерений. Это задача многоклассовой классификации, так как имеется три класса – три вида ириса.



а)



б)



в)

Рисунок 1.1 – Внешний вид классифицируемых ирисов: а) *Iris setosa*; б) *Iris virginica*; в) *Iris versicolor*

1. Необходимо скачать набор данных из репозитория Center for Machine Learning and Intelligent Systems (необходим только один текстовый файл с данными измерений): <http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Iris>.

Файл Iris.data при просмотре выглядит следующим образом (рис. 1.2):

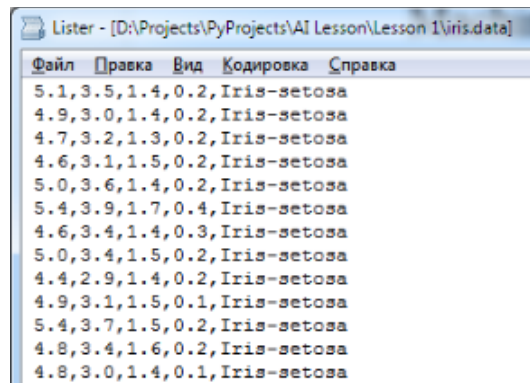
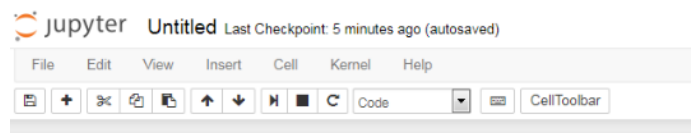


Рисунок 1.2 – Внешний вид данных файла Iris.data

2. Использовать текстовые редакторы для просмотра и анализа данных из определенных наборов – нерациональный вариант. Поэтому запустим Jupyter Notebook и начнем работать с загруженным набором с использованием среды Python. Используем метод `genfromtxt()` из пакета `scipy`.



## Лабораторная работа 1

### Исследование набора данных ирисы Фишера

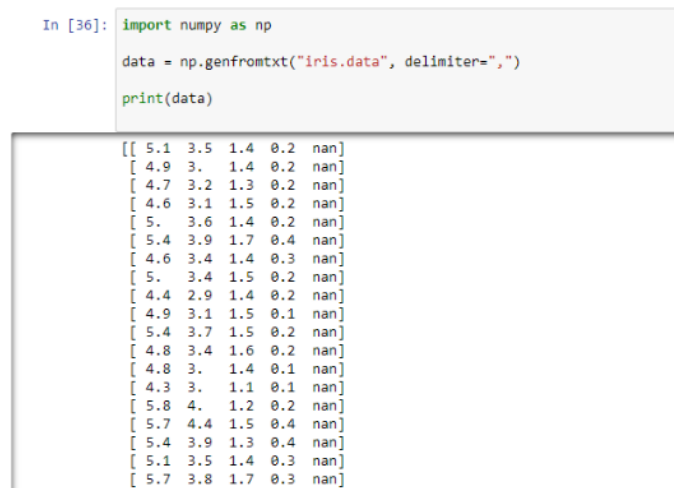


Рисунок 1.3 – Загрузка данных файла Iris.data

Метод `genfromtxt()` возвращает массив `numpy` (тип `numpy.ndarray`). Следует обратить внимание, что пятый столбец содержит неопределенные значения `numpy.NaN` (объясните – почему?).

3. Производить вывод всего источника данных – нерациональный путь. В реальных задачах данных может оказаться слишком много, поэтому

чаще всего используют подвыборку данных для поверхностного обзора исследуемой обучающей выборки (рис. 1.4).

```
In [37]: print ( "Data type : ", type(data) )
print ( "Data shape : ", data.shape )
print ( data[:10] )

Data type : <class 'numpy.ndarray'>
Data shape : (150, 5)
[[ 5.1  3.5  1.4  0.2 nan]
 [ 4.9  3.   1.4  0.2 nan]
 [ 4.7  3.2  1.3  0.2 nan]
 [ 4.6  3.1  1.5  0.2 nan]
 [ 5.   3.6  1.4  0.2 nan]
 [ 5.4  3.9  1.7  0.4 nan]
 [ 4.6  3.4  1.4  0.3 nan]
 [ 5.   3.4  1.5  0.2 nan]
 [ 4.4  2.9  1.4  0.2 nan]
 [ 4.9  3.1  1.5  0.1 nan]]
```

Рисунок 1.4 – Начальное исследование Iris.data

Из представленного фрагмента видно, что data – это двумерный массив размером 150x5, или можно сказать, что это одномерный массив, каждый элемент которого также одномерный массив размером 5 элементов.

4. В рамках данной задачи необходимо все-таки получить значения пятого столбца. Для этого желательно использовать другой подход (рис. 1.5):

```
In [69]: data1 = np.genfromtxt("iris.data", delimiter=";", dtype=None)
print(data1.shape)
print(type(data1))
print(type(data1[0]))
print(type(data1[0][4]))
print(data1[:10])

(150,)
<class 'numpy.ndarray'>
<class 'numpy.void'>
<class 'numpy.bytes_'>
[(5.1, 3.5, 1.4, 0.2, b'Iris-setosa') (4.9, 3.0, 1.4, 0.2, b'Iris-setosa')
 (4.7, 3.2, 1.3, 0.2, b'Iris-setosa') (4.6, 3.1, 1.5, 0.2, b'Iris-setosa')
 (5.0, 3.6, 1.4, 0.2, b'Iris-setosa') (5.4, 3.9, 1.7, 0.4, b'Iris-setosa')
 (4.6, 3.4, 1.4, 0.3, b'Iris-setosa') (5.0, 3.4, 1.5, 0.2, b'Iris-setosa')
 (4.4, 2.9, 1.4, 0.2, b'Iris-setosa') (4.9, 3.1, 1.5, 0.1, b'Iris-setosa')]
```

Рисунок 1.5 – Загрузка данных разного типа в массив

Сразу же желательно (на первоначальных этапах изучения Python) проводить анализ типов различных значений. На рис. 1.6 представлен еще один вариант загрузки данных в массив numpy.ndarray.

```
In [70]: dt = np.dtype("f8, f8, f8, f8, U30")
data2 = np.genfromtxt("iris.data", delimiter=",", dtype=dt)
print(data2.shape)
print(type(data2))
print(type(data2[0]))
print(type(data2[0][4]))
print(data2[:10])

(150,)
<class 'numpy.ndarray'>
<class 'numpy.void'>
<class 'numpy.str_'>
[(5.1, 3.5, 1.4, 0.2, 'Iris-setosa') (4.9, 3.0, 1.4, 0.2, 'Iris-setosa')
 (4.7, 3.2, 1.3, 0.2, 'Iris-setosa') (4.6, 3.1, 1.5, 0.2, 'Iris-setosa')
 (5.0, 3.6, 1.4, 0.2, 'Iris-setosa') (5.4, 3.9, 1.7, 0.4, 'Iris-setosa')
 (4.6, 3.4, 1.4, 0.3, 'Iris-setosa') (5.0, 3.4, 1.5, 0.2, 'Iris-setosa')
 (4.4, 2.9, 1.4, 0.2, 'Iris-setosa') (4.9, 3.1, 1.5, 0.1, 'Iris-setosa')]
```

Рисунок 1.6 – Загрузка данных в массив с типом, определяемым пользователем

Поясните различие в структурах данных, получаемых с использованием представленных листингов.

5. Было загружено 150 элементов данных, но даже при такой маленькой выборке невозможно что-либо сказать о наборе данных. Для получения дополнительной информации необходимо визуализировать загруженные данные. В нашем случае каждый элемент данных представлен вещественными признаками – это существенно упрощает визуализацию (рис. 1.7). Но сложность заключается в том, что приходится работать с элементами 4-мерного пространства, поэтому строится не графическое представление распределения, а отдельные проекции.

6. Уже из графического распределения на рис. 1.7 видно, что тип ирисов Setosa хорошо отделяется. На данном графике представлено отображение в плоскости признаков ('Sepal Width', 'Sepal Length') Но исследователь имеет возможность построить столько графиков, сколько необходимо для глубокого анализа данных. Изменим ячейку In[72] в соответствии с листингом, представленным на рис. 1.8.

```
In [72]: import matplotlib as mpl
import matplotlib.pyplot as plt

# Данные из отдельных столбцов
sepal_length = [] # Sepal Length
sepal_width = [] # Sepal Width
petal_length = [] # Petal Length
petal_width = [] # Petal Width

# Выполняем обход всей коллекции data2
for dot in data2:
    sepal_length.append(dot[0])
    sepal_width.append(dot[1])
    petal_length.append(dot[2])
    petal_width.append(dot[3])

# Строим графики по проекциям данных
# Учитываем, что каждые 50 типов ирисов идут последовательно
plt.figure(1)
setosa, = plt.plot(sepal_length[:50], sepal_width[:50], 'ro', label='Setosa')
versicolor, = plt.plot(sepal_length[50:100], sepal_width[50:100], 'g^', label='Versicolor')
virginica, = plt.plot(sepal_length[100:150], sepal_width[100:150], 'bs', label='Virginica')
plt.legend(bbox_to_anchor=(1.05, 1), loc=2, borderaxespad=0.)
plt.xlabel('Sepal Length')
plt.ylabel('Sepal Width')

plt.show()
```

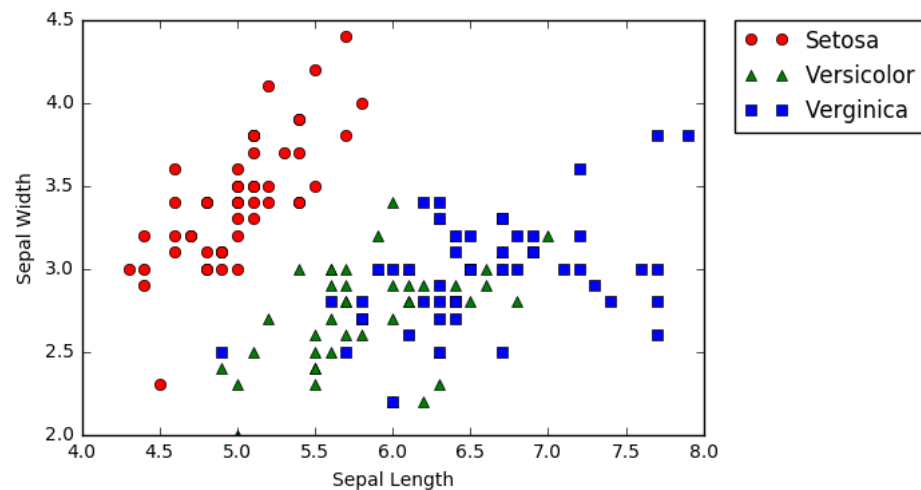


Рисунок 1.7 – Простейший анализ данных по графическому представлению

```

In [74]: import matplotlib as mpl
import matplotlib.pyplot as plt

# Данные из отдельных столбцов
sepal_length = [] # Sepal Length
sepal_width = [] # Sepal Width
petal_length = [] # Petal Length
petal_width = [] # Petal Width

# Выполняем обход всей коллекции data2
for dot in data2:
    sepal_length.append(dot[0])
    sepal_width.append(dot[1])
    petal_length.append(dot[2])
    petal_width.append(dot[3])

# Строим графики по проекциям данных
# Учитываем, что каждые 50 типов ирисов идут последовательно
plt.figure(1)
setosa, = plt.plot(sepal_length[:50], sepal_width[:50], 'ro', label='Setosa')
versicolor, = plt.plot(sepal_length[50:100], sepal_width[50:100], 'g^', label='Versicolor')
virginica, = plt.plot(sepal_length[100:150], sepal_width[100:150], 'bs', label='Verginica')
plt.legend(bbox_to_anchor=(1.05, 1), loc=2, borderaxespad=0.)
plt.xlabel('Sepal Length')
plt.ylabel('Sepal Width')

plt.figure(2)
setosa, = plt.plot(sepal_length[:50], petal_length[:50], 'ro', label='Setosa')
versicolor, = plt.plot(sepal_length[50:100], petal_length[50:100], 'g^', label='Versicolor')
virginica, = plt.plot(sepal_length[100:150], petal_length[100:150], 'bs', label='Verginica')
plt.legend(bbox_to_anchor=(1.05, 1), loc=2, borderaxespad=0.)
plt.xlabel('Sepal Length')
plt.ylabel('Petal Length')

plt.figure(3)
setosa, = plt.plot(sepal_length[:50], petal_width[:50], 'ro', label='Setosa')
versicolor, = plt.plot(sepal_length[50:100], petal_width[50:100], 'g^', label='Versicolor')
virginica, = plt.plot(sepal_length[100:150], petal_width[100:150], 'bs', label='Verginica')
plt.legend(bbox_to_anchor=(1.05, 1), loc=2, borderaxespad=0.)
plt.xlabel('Sepal Length')
plt.ylabel('Petal Width')

plt.show()

```

Рисунок 1.8 – Построение простейшего графика для отображения различных проекций данных

Вывод данного кода представлен на рис. 1.9.

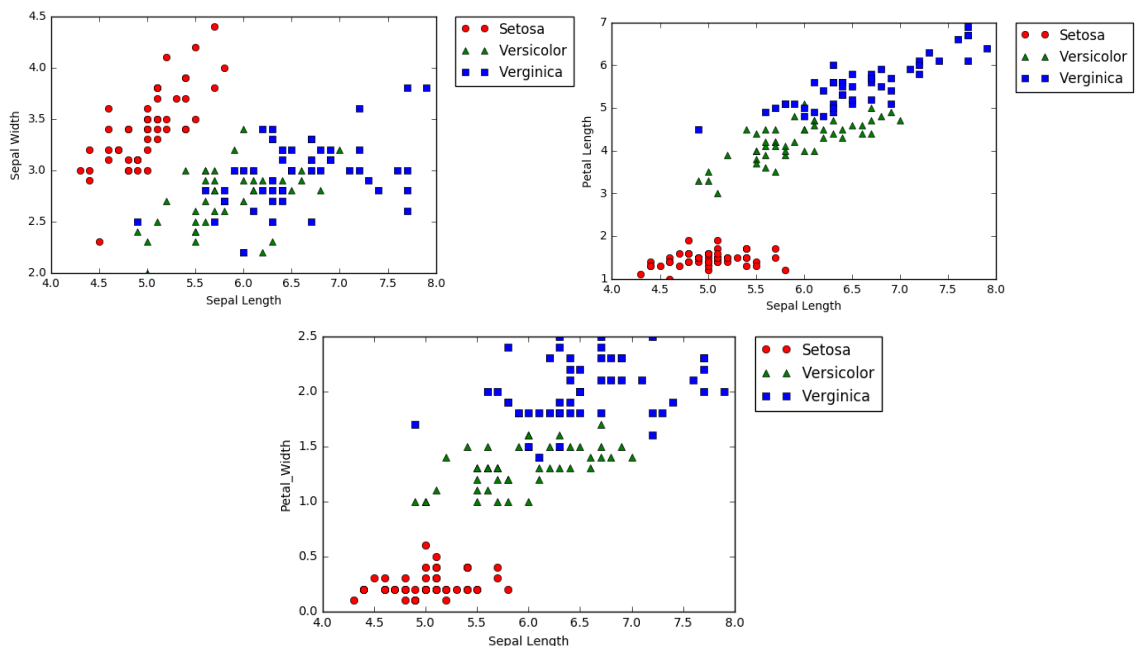


Рисунок 1.9 – Вывод графика для отображения различных проекций данных

Из графиков 1.9 уже хорошо видно, что множество *Setosa* хорошо отделимо, а множества *Versicolor* и *Verginica* представляют собой множества, разделение которых является непростой задачей.

Постройте другие проекции исходных данных. Сколько всего различных проекций можно построить для данного набора данных?

### 3.2 Важные замечания

1. Несмотря на кажущуюся простоту и «понятность» данных в результате визуализации, исследователь не должен делать поспешных выводов (например, было бы ошибочно делать вывод по рис. 1.9 о том, что ирисы *Setosa* те, у которых *petal width* менее 0,75). Следует помнить, что цель первичного исследования данных – получение представления о структуре и природе данных, а не построение модели предсказания, классификации и т.п.

1. В качестве среды разработки используйте языки программирования Python, Java или C#. По согласованию с преподавателем студент может самостоятельно выбрать язык программирования и среду разработки (при этом студенту необходимо критически обосновать свой выбор).

2. При выборе набора данных (data set) на ресурсах [9, 10] необходимо согласовать свой выбор с другими студентами группы и преподавателем, так как работа над одинаковыми наборами данных недопустима.

3. В рамках данного лабораторного курса рекомендуется использовать инструментарий Python (библиотеки, среду разработки) для решения поставленных задач.

### 3.3 Индивидуальное задание

1. Подберите набор данных на ресурсах [9, 10] и согласуйте свой выбор с преподавателем. Студент может предложить синтезированный набор данных.

2. Проведите первичный анализ данных. В результате анализа данных студент должен предоставить следующую информацию о наборе данных:

2.1. Описание набора данных, пояснения, позволяющие лучше понять природу данных. Назначение набора данных и возможные модели, которые можно построить на основе данного набора данных (практические задачи, решаемые с использованием данного обучающего набора данных). Описание каждого признака и его тип.

2.2. Форма набора данных: количество элементов набора, количество признаков, количество пропущенных значений, среднее значение отдельных признаков, максимальные и минимальные значения отдельных признаков и прочие показатели. Предположения, которые можно сделать, проведя первичный анализ.

2.3. Графические представления, позволяющие судить о неоднородности исследуемого набора данных. Построение графиков желательно произвести по нескольким проекциям.

## 4. Содержание отчета и его форма

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Номер и название лабораторной работы; задачи лабораторной работы.

2. Реализация каждого пункта подраздела «Индивидуальное задание» с приведением исходного кода программы, диаграмм и графиков для визуализации данных.

3. Ответы на контрольные вопросы.

4. Экранные формы (консольный вывод) и листинг программного кода с комментариями, показывающие порядок выполнения лабораторной работы, и результаты, полученные в ходе её выполнения.

Отчет о выполнении лабораторной работы подписывается студентом и сдается преподавателю.

## **5. Контрольные вопросы**

1. Какие инструментальные средства используются для организации рабочего места специалиста Data Science?

2. Какие библиотеки Python используются для работы в области машинного обучения? Дайте краткую характеристику каждой библиотеке.

3. Почему при реализации систем машинного обучения широкое распространение получили библиотеки Python?

## **6. Список литературы**

Для выполнения лабораторной работы, при подготовке к защите, а также для ответа на контрольные вопросы рекомендуется использовать следующие источники: [1-3, 9, 10].

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ**

### **1. Цели и задачи**

Цель лабораторной работы: изучение программных средств для визуализации наборов данных.

Основные задачи:

- установка и настройка matplotlib, seaborn;
- изучение основных типов графиков библиотеки matplotlib;
- изучение основных типов графиков библиотеки seaborn;
- получение навыков анализа данных по визуальным представлениям данных.

### **2. Теоретическое обоснование**

Перед выполнением лабораторной работы необходимо ознакомиться с базовыми принципами языка Python, используя следующие источники: [1-5]. Особое внимание необходимо уделить репозитарию [5] с исходными кодами.

### **3. Методика и порядок выполнения работы**

Перед выполнением индивидуального задания рекомендуется выполнить все пункты учебной задачи.

#### **3.1 Учебная задача**

Выполним анализ набора данных «Предсказание ухода клиента». Данный набор данных используется в качестве учебного набора при изучении методов прогнозирования. Набор представляет собой данные об активности клиентаов телекоммуникационной компании (количество часов разговоров, видеозвонков, ночные и дневные разговоры и прочие). Набор данных подходит для обучения моделей логистической регрессии, моделей

классификации (CNN, kNN, Logic tree). Набор данных можно получить в репозитории [5] или на портале Kaggle [4].

Рассмотрим основные признаки, представленный в наборе. Загрузим набор данных с использованием pandas и выведем признаки набора данных (рисунок 2.1).

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| 1 | import numpy as np                   |
| 2 | import pandas as pd                  |
| 3 | from matplotlib import pyplot as plt |
| 4 | import seaborn as sns                |
| 5 | %matplotlib inline                   |

|   |                                                           |
|---|-----------------------------------------------------------|
| 1 | data_path = "../datasets/telecom_churn/telecom_churn.csv" |
| 2 | data = pd.read_csv(data_path)                             |
| 3 | data.head()                                               |

|   | State | Account length | Area code | International plan | Voice mail plan | Number vmail messages | Total day minutes | Total day calls | To d char |
|---|-------|----------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------------------|-------------------|-----------------|-----------|
| 0 | KS    | 128            | 415       | No                 | Yes             | 25                    | 265.1             | 110             | 45.       |
| 1 | OH    | 107            | 415       | No                 | Yes             | 26                    | 161.6             | 123             | 27.       |
| 2 | NJ    | 137            | 415       | No                 | No              | 0                     | 243.4             | 114             | 41.       |

Рисунок 2.1 – Загрузка данных и получение и первичный анализ признаков

Набор данных telecom\_churn.csv содержит большое количество признаков. Для детального изучения воспользуемся методом info() класса DataFrame (рисунок 2.2).

```

1 data.info()

<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 3333 entries, 0 to 3332
Data columns (total 20 columns):
State                3333 non-null object
Account length       3333 non-null int64
Area code            3333 non-null int64
International plan    3333 non-null object
Voice mail plan      3333 non-null object
Number vmail messages 3333 non-null int64
Total day minutes     3333 non-null float64
Total day calls       3333 non-null int64
Total day charge      3333 non-null float64
Total eve minutes     3333 non-null float64
Total eve calls       3333 non-null int64
Total eve charge      3333 non-null float64
Total night minutes   3333 non-null float64
Total night calls     3333 non-null int64
Total night charge    3333 non-null float64
Total intl minutes    3333 non-null float64
Total intl calls      3333 non-null int64
Total intl charge     3333 non-null float64
Customer service calls 3333 non-null int64
Churn                 3333 non-null bool
dtypes: bool(1), float64(8), int64(8), object(3)
memory usage: 498.1+ KB

```

Рисунок 2.2 – Информация о признаках набора данных

Графики, используемые при анализе данных, делят не по библиотекам, с использованием которых они строятся, а по типам признаков, для анализа которых предназначены графики.

### 3.1.1. Визуализация количественных признаков

Для представления распределения простого количественного признака подходит обычная гистограмма, содержащаяся во всех библиотеках (рисунок 2.3).

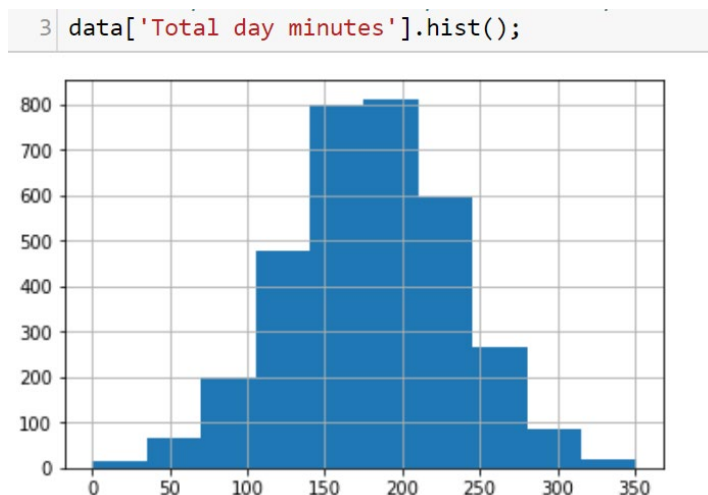
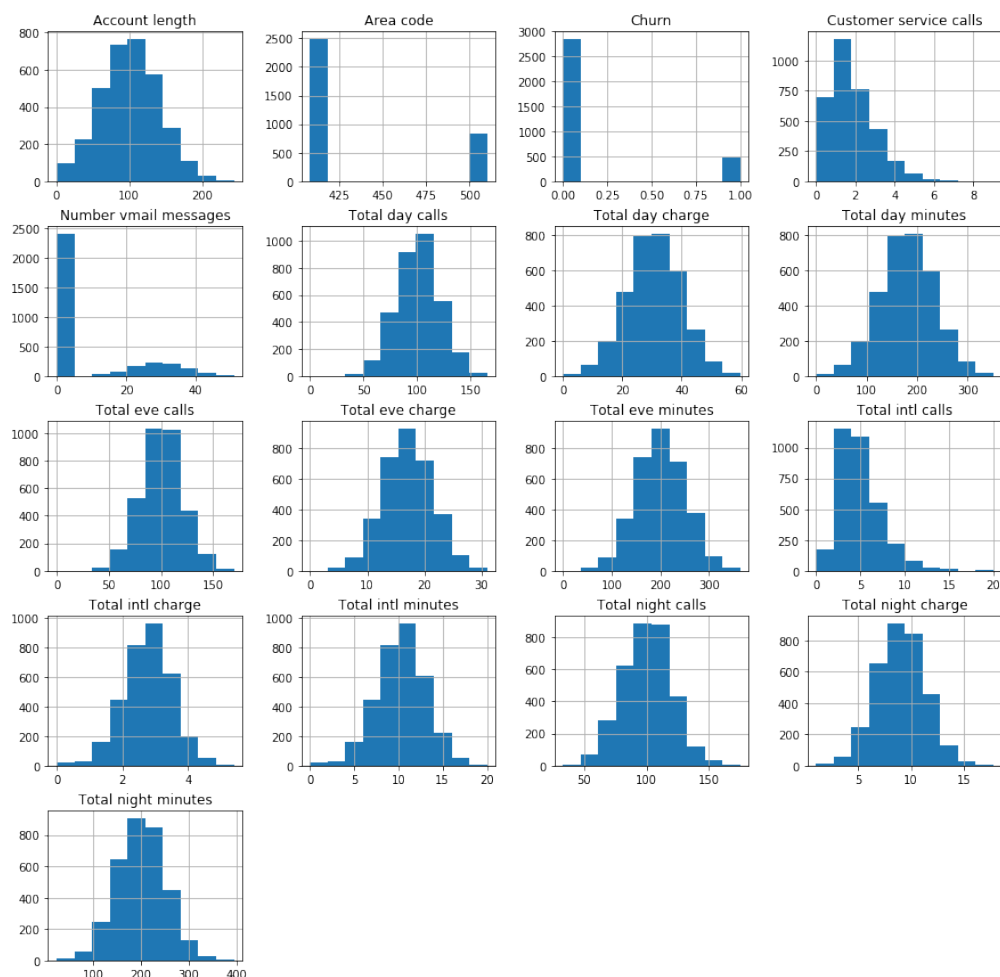


Рисунок 2.3 – Информая о признаках набора данных

Для построения гистограммы вызывается метод **hist()** класса `DataFrame`. На самом деле используется метод из библиотеки `matplotlib`. Метод `hist()` можно использовать для построения гистограмм по нескольким признакам (рисунок 2.4). При этом неколичественные признаки игнорируются.

Рисунок 2.4 – Применение метода `hist()` для визуализации распределения нескольких признаков

Аналогичный тип графика можно получить с использованием `matplotlib` (рисунок 2.5). Если необходимо построить график распределения, аналогичный представленному на рисунке 2.3, то нужно выполнить дополнительные расчеты (рисунок 2.6).

```
1 plt.bar(data.index, data['Total day minutes'])
2 plt.show()
```

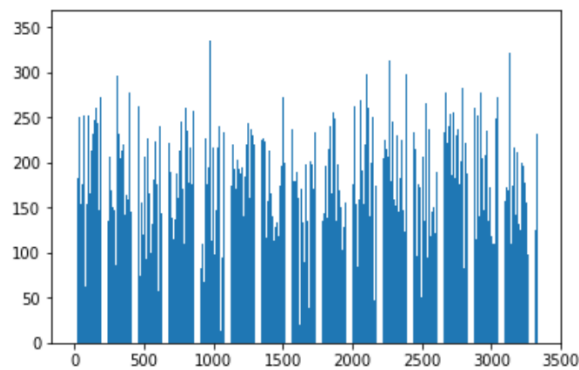


Рисунок 2.5 – Построение гистограммы с использованием matplotlib

```
1 hist = data['Total day minutes'].value_counts()
2 plt.bar(hist.index, hist);
```

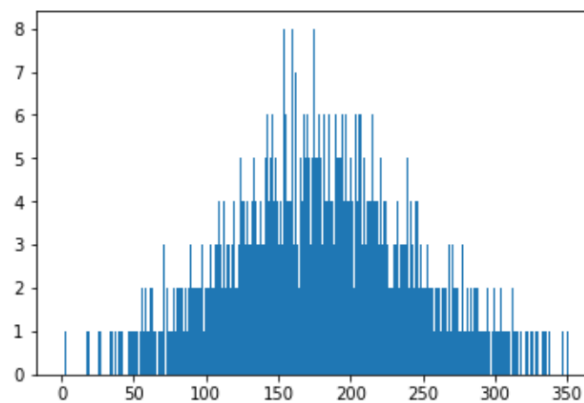


Рисунок 2.6 – Использование matplotlib для представления распределения значений признака

Один из эффективных типов графиков для анализа количественных признаков – это «ящик с усами» (boxplot). На рисунке 2.7 показан код и реализованный график. Для анализа нескольких признаков графики boxplot также эффективны. На рисунке 2.8 представлен код и результат построения графиков для анализа пяти штатов с максимальным объемом дневных звонков.

```
5 sns.boxplot(data['Total day minutes']);
```

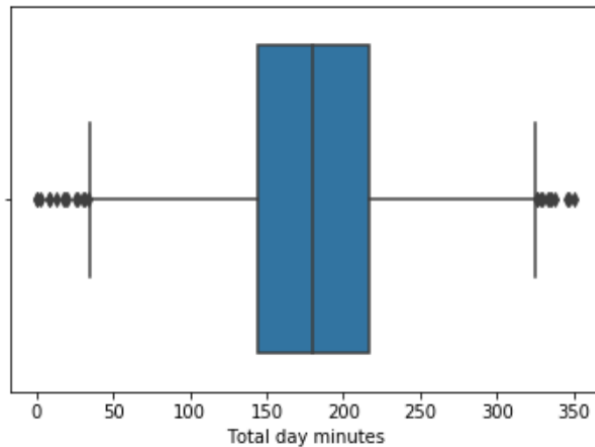


Рисунок 2.7 – График «ящик с усами» для отдельного признака

```
1 top_data = data[['State', 'Total day minutes']]
2 top_data = top_data.groupby('State').sum()
3 top_data = top_data.sort_values('Total day minutes', ascending=False)
4 top_data = top_data[:5].index.values
5 sns.boxplot(y='State',
6             x='Total day minutes',
7             data=data[data.State.isin(top_data)], palette='Set3');
```

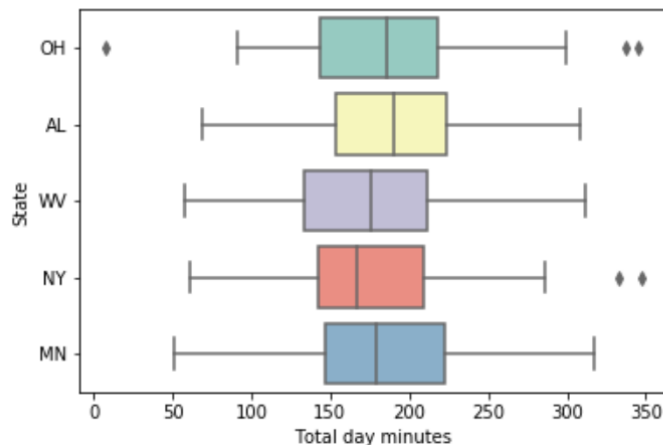


Рисунок 2.8 – Использование boxplot для анализа признака для пяти штатов

График boxplot состоит из коробки, усов и точек. Коробка показывает интерквартильный размах распределения, то есть соответственно 25% (первая квартиль,  $Q1$ ) и 75% ( $Q3$ ) перцентили. Черта внутри коробки обозначает медиану распределения (можно получить с использованием метода `median()` в pandas и numpy). Усы отображают весь разброс точек кроме выбросов, то есть минимальные и максимальные значения, которые попадают в промежуток  $(Q1 - 1,5 \cdot IQR, Q3 + 1,5 \cdot IQR)$ , где  $IQR = Q3 - Q1$  – интерквартильный размах. Точками на графике обозначаются выбросы (outliers), то есть те

значения, которые не вписываются в промежуток значений, заданный усами графика (рисунок 2.9).

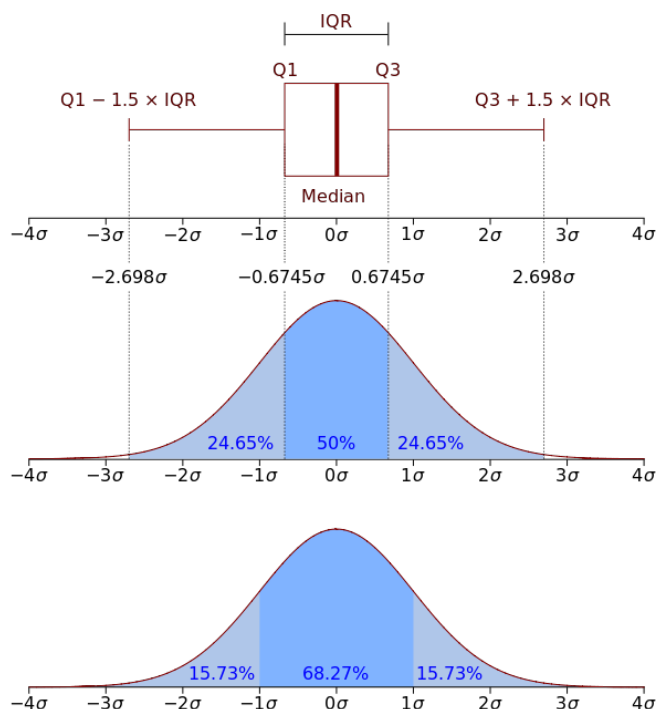


Рисунок 2.9 – Структура графика типа «ящик с усами»

### 3.1.2. Категориальные признаки

Типичным категориальным признаком в анализируемом наборе данных является «Штат» (State). Под категориальный признак подходит также «Отказ» (Churn) (хотя он является логическим). На рисунке 2.10 представлены графики типа `countplot()` из библиотеки `seaborn`, которые строят гистограммы, но не по сырым данным, а по рассчитанному количеству разных значений признака.

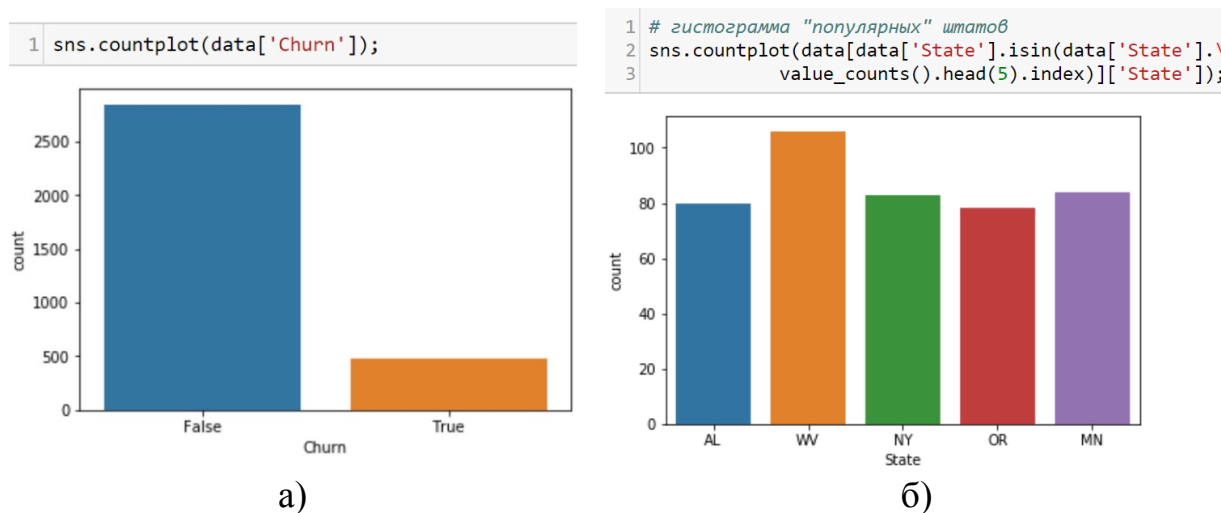


Рисунок 2.10 – График countplot: а) визуализация распределения признака Churn; б) визуализация пяти популярных штатов

### 3.1.3. Визуализация соотношения количественных признаков

Одним из вариантов визуализации соотношения количественных признаков является диаграмма по нескольким признакам (рисунки 2.4, 2.8). Рассмотрим пример демонстрирующий сравнение распределений показателей, связанных с финансовыми затратами клиентов. Упрощенно, можно сказать, что это все показатели, содержащие подстроку «charge» в имени показателя. На рисунке 2.11 представлен код для отбора требуемых показателей.

```
1 # Отбор числовых признаков, содержащих слово 'charge'
2 feats = [f for f in data.columns if 'charge' in f]
3 feats

['Total day charge',
 'Total eve charge',
 'Total night charge',
 'Total intl charge']
```

Рисунок 2.11 – Отбор показателей, связанных с затратами клиентов

После отбора интересующих показателей можно построить диаграммы для сравнения (рисунок 2.12).

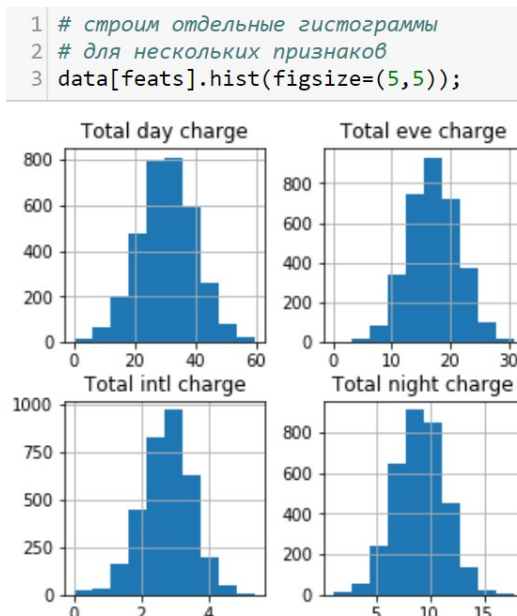


Рисунок 2.12 – Диаграммы для сравнения распределения числовых показателей

Часто используют попарное сравнение признаков для обеспечения широкого взгляда на набор данных (рисунок 2.13). На диагональных графиках рисунка 2.13 представлены гистограммы распределения отдельного признака, на внедиагональных позициях – попарные распределения.

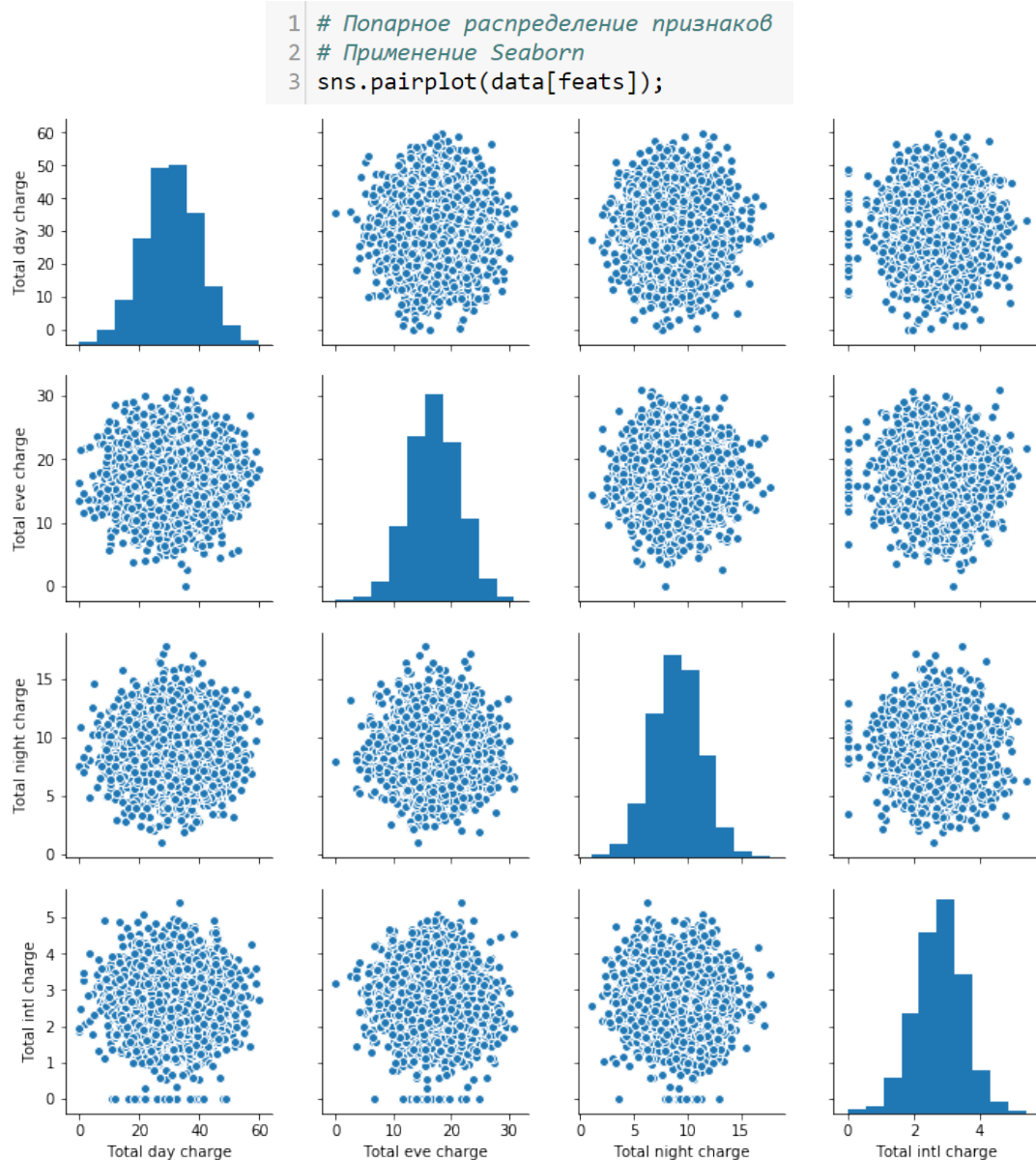


Рисунок 2.13 – Попарное распределение признаков

Можно реализовать более сложные графики. Например, если требуется добавить к существующим признакам, целевой признак Churn (количество отказов) и раскрасить разные типы элементов, то можно воспользоваться попарными распределениями, но с отображением подмножеств отказов (рисунок 2.14).

До сих пор использовались возможности библиотеки seaborn, а также методы pandas (которые производят визуализацию, обращаясь к библиотеке matplotlib). Библиотека matplotlib наиболее известная и широко применяемая при анализе данных в рамках стека технологий python.

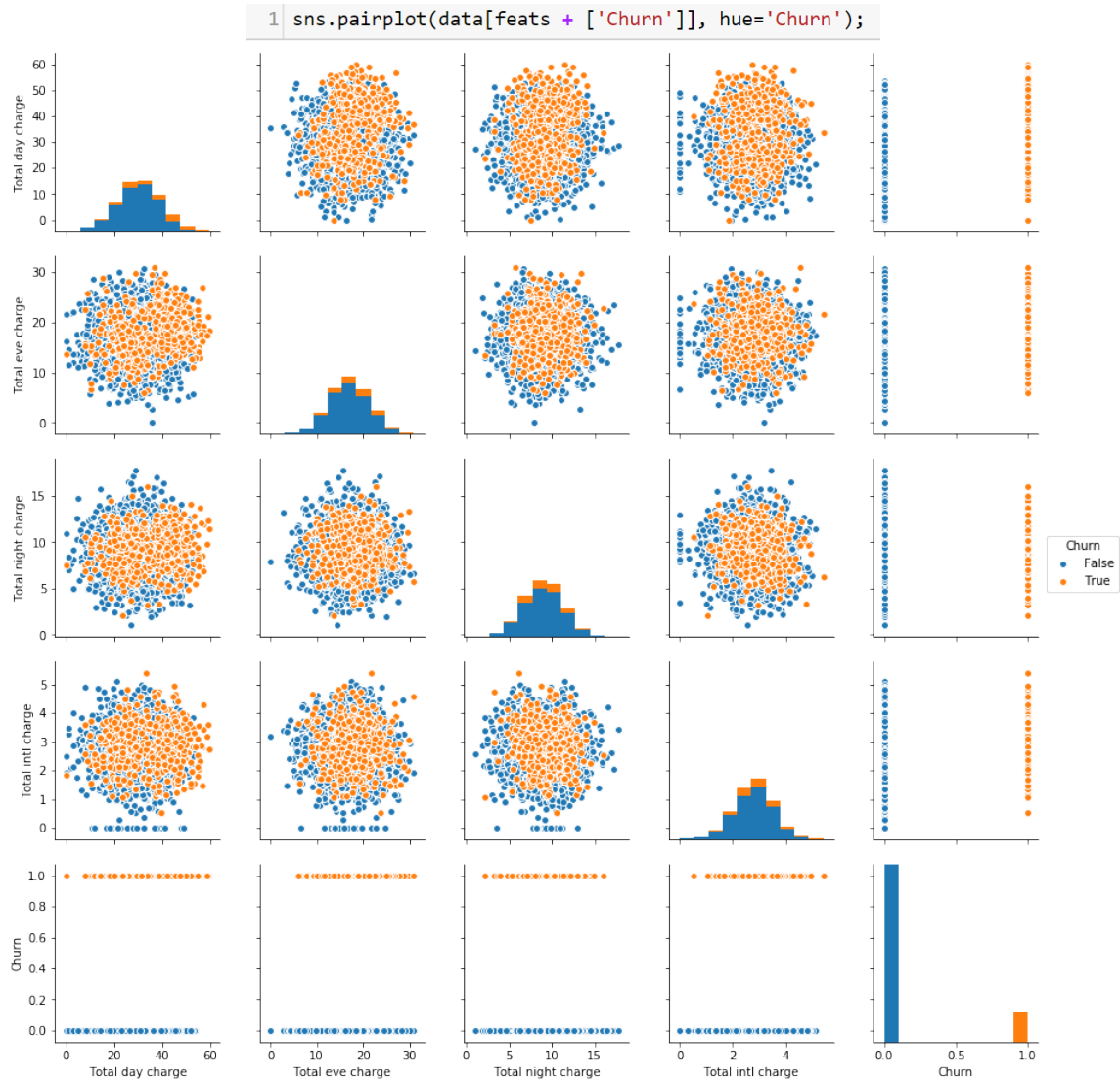


Рисунок 2.14 – Попарное распределение признаков с визуализацией отказов

На рисунке 2.15 показан пример использования графика scatter библиотеки matplotlib, предназначенного для вывода множества точек.

```

1 plt.scatter(data['Total day charge'],
2             data['Total intl charge'],
3             color='lightblue', edgecolors='blue')
4 plt.xlabel('Дневные начисление')
5 plt.ylabel('Международн. начисление')
6 plt.title('Распределение по 2 признакам');

```

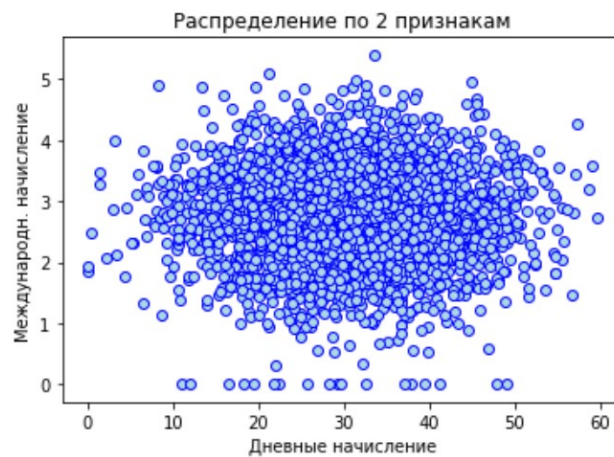


Рисунок 2.15 – График scatter библиотеки matplotlib

На рисунке 2.16 показан пример более тонкой настройки параметров графика.

```

1 # Раскрашивание данных
2 # Цвет в зависимости от ухода клиента
3 c = data['Churn'].map({False: 'lightblue', True: 'orange'})
4 edge_c = data['Churn'].map({False: 'blue', True: 'red'})
5 # Настройка графика
6 plt.scatter(data['Total day charge'], data['Total intl charge'],
7             color=c, edgecolors=edge_c
8             )
9 plt.xlabel('Дневные начисление')
10 plt.ylabel('Международн. начисление');

```

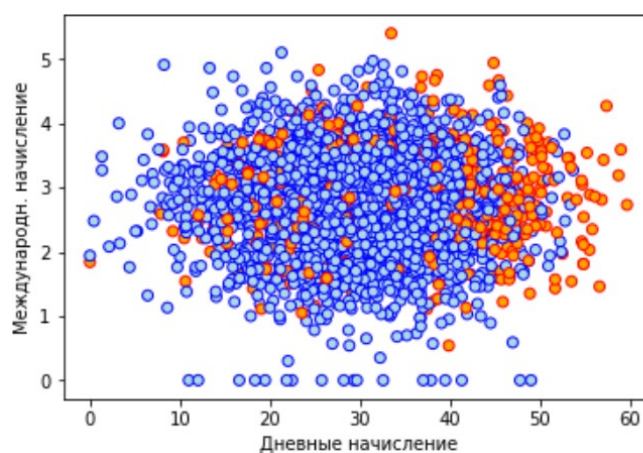


Рисунок 2.16 – Настройка графика: цвет точки зависит от целевого значения признака

График на рисунке 2.16 можно построить различными способами, например, можно добавлять множества точек отдельными подмножествами, указывая параметры визуализации для каждого подмножества (рисунок 2.17).

```

4 # Ушедшие клиенты
5 data_churn = data[data['Churn']]
6 # Оставшиеся клиенты
7 data_loyal = data[~data['Churn']]
8
9 plt.scatter(data_churn['Total day charge'],
10            data_churn['Total intl charge'],
11            color='orange',
12            edgecolors='red',
13            label='Ушли')
14
15 plt.scatter(data_loyal['Total day charge'],
16            data_loyal['Total intl charge'],
17            color='lightblue',
18            edgecolors='blue',
19            label='Остались')
20
21 plt.xlabel('Дневные начисление')
22 plt.ylabel('Международн. начисление')
23 plt.title('Распределение клиентов')
24 plt.legend();

```



а)

б)

Рисунок 2.17 – Построение отдельных подмножеств с легендой; а) исходный код; б) полученный график

В реальных задачах машинного обучения при первичном анализе данных необходимо выявить корреляции признаков обучающей выборки. В пакете Pandas имеется встроенный инструмент для этого – метод **corr()** класса **DataFrame**. На рисунке 2.18 показан фрагмент вывода этой функции.

```

1 # Применяется функция corr() из Pandas
2 data.corr()

```

|                       | Account length | Area code | Number vmail messages | Total day minutes | Total day calls | Total day charge | Total eve minutes | Total |
|-----------------------|----------------|-----------|-----------------------|-------------------|-----------------|------------------|-------------------|-------|
| Account length        | 1.000000       | -0.012463 | -0.004628             | 0.006216          | 0.038470        | 0.006214         | -0.006757         | 0.01  |
| Area code             | -0.012463      | 1.000000  | -0.001994             | -0.008264         | -0.009646       | -0.008264        | 0.003580          | -0.01 |
| Number vmail messages | -0.004628      | -0.001994 | 1.000000              | 0.000778          | -0.009548       | 0.000776         | 0.017562          | -0.00 |
| Total day minutes     | 0.006216       | -0.008264 | 0.000778              | 1.000000          | 0.006750        | 1.000000         | 0.007043          | 0.01  |

Рисунок 2.18 – Определение коррелирующих признаков набора данных

Полученная матрица имеет размер  $17 \times 17$ . Это незначительный размер (в реальных задачах машинного обучения размеры матриц корреляции имеют порядки  $10^6 - 10^{10}$  и более), но даже для матрицы рассматриваемого набора

данных проанализировать корреляцию признаков вручную – трудоемкая задача. Например, можно использовать скрипты, для выделения больших коэффициентов корреляции. Но лучше использовать специальный тип графика – heatmap (рисунок 2.19).

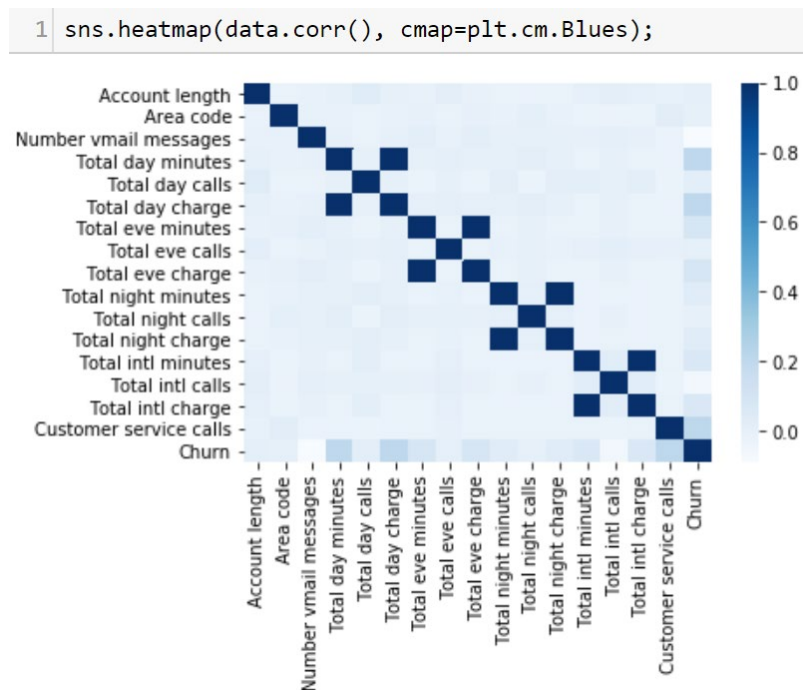


Рисунок 2.19 – Визуализация матрица корреляции с использованием графика типа heatmap

Коррелирующие признаки обычно удаляются и не рассматриваются в процессе обучения.

### 3.2 Важные замечания

1. Статья о типах графиков при первичном анализе данных: <https://medium.com/open-machine-learning-course/open-machine-learning-course-topic-2-visual-data-analysis-in-python-846b989675cd>

2. В качестве среды разработки используйте языки программирования Python, Java или C#. По согласованию с преподавателем студент может самостоятельно может выбрать язык программирования и среду разработки (при этом студенту необходимо критически обосновать свой выбор).

2. При выборе набора данных (data set) на ресурсах [3, 4] необходимо согласовать свой выбор с другими студентами группы и преподавателем, так как работа над одинаковыми наборами данных недопустима.

3. В рамках данного лабораторного курса рекомендуется использовать инструментарий Python (библиотеки, среду разработки) для решения поставленных задач.

### 3.3 Индивидуальное задание

1. Подберите набор данных на ресурсах [3, 4] и согласуйте свой выбор с преподавателем. Студент может предложить синтезированный набор данных.

2. Проведите первичный анализ данных. Особое внимание следует уделить графическому представлению распределений признаков, визуализации взаимосвязей, позволяющие судить о наборе данных. Построение графиков желательно произвести по нескольким проекциям. При анализе данных использовать как можно более разнообразные типы графиков.

## 4. Содержание отчета и его форма

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Номер и название лабораторной работы; задачи лабораторной работы.
2. Реализация каждого пункта подраздела «Индивидуальное задание» с приведением исходного кода программы, диаграмм и графиков для визуализации данных.
3. Ответы на контрольные вопросы.
4. Экранные формы (консольный вывод) и листинг программного кода с комментариями, показывающие порядок выполнения лабораторной работы, и результаты, полученные в ходе её выполнения.

Отчет о выполнении лабораторной работы подписывается студентом и сдается преподавателю.

## 5. Контрольные вопросы

1. Какие инструментальные средства используются для организации рабочего места специалиста Data Science?
2. Какие библиотеки Python используются для работы в области машинного обучения? Дайте краткую характеристику каждой библиотеке.
3. Почему при реализации систем машинного обучения широкое распространение получили библиотеки Python?
4. Перечислите функции Python, которые были изучены в рамках данной лабораторной работы и которые используются для визуализации данных.
5. Какая библиотека python предназначена для управления наборами данных: numpy, pandas, sklearn, opencv, matplotlib?
6. Какая стратегия является нежелательной при обработке пропусков в данных?
  - а) замена пропущенных значений в столбце медианным значением по данному столбцу;
  - б) удаление строк, содержащих пропуски в данных;
  - в) замена пропущенных значений в столбце средним арифметическим значением по данному столбцу;
  - г) замена пропущенных значений в столбце наиболее часто встречающимся значением по данному столбцу;
7. Обоснуйте ответ на следующую проблему предварительной обработки данных: имеется независимая категориальная переменная  $u$ , которая представляет собой категориальный признак, опеределнный на домене  $\{C\#, Java, Python, R\}$ . Нужно ли применять к данному целевому признаку OneHotEncoder?

8. Поясните принцип разбиения набора данных на обучающую и тестовую выборку. Какое соотношение «тестовая:обучающая» наиболее оптимально: 20:80, 50:50, 25:75, 5:95, 40:30?

9. Какой код лучше использовать при загрузке данных из csv-файла?

а) `dataset = read_csv("data.csv")`

б) `dataset = import("data.csv")`

в) `dataset = read.csv("data.csv")`

г) `dataset = import.csv("data.csv")`

д) `dataset = read_xls("data.csv")`

## 6. Список литературы

Для выполнения лабораторной работы, при подготовке к защите, а также для ответа на контрольные вопросы рекомендуется использовать следующие источники: [1-4].

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3. МЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КЛАССИФИКАЦИИ**

### **1. Цели и задачи**

Цель лабораторной работы: изучение принципов построения информационных систем с использованием метрических методов классификации.

Основные задачи:

- изучение инструментария Python для реализации алгоритмов метрической классификации;
- изучение методов оптимизации параметров метрической классификации;
- освоение модификаций kNN-метода.

### **2. Теоретическое обоснование**

Перед выполнением лабораторной работы необходимо ознакомиться с теорией построения метрических классификаторов, используя следующие источники: [1-5]. Особое внимание необходимо уделить репозиторию [5] с исходными кодами.

### **3. Методика и порядок выполнения работы**

Перед выполнением индивидуального задания рекомендуется выполнить все пункты учебной задачи.

#### **3.1 Учебная задача**

В рамках данной задачи рассматривается построение классификатора с использованием метода ближайших соседей. В качестве набора данных используются данные об ирисах Фишера.

В рамках данной лабораторной работы рекомендуется использование библиотеки `pandas`. `Pandas` – это библиотека `Python`, предоставляющая широкие возможности для анализа данных. Данные, с которыми работают специалисты `Data Science`, часто хранятся в табличном формате (`.csv`, `.tsv`, `.xlsx`, ...). С помощью библиотеки `Pandas` данные удобно загружать, обрабатывать и анализировать с помощью SQL-подобных запросов. `Pandas` предоставляет широкие возможности визуального анализа табличных данных в связке с библиотеками `Matplotlib` и `Seaborn`.

Основными структурами данных в `Pandas` являются классы `Series` и `DataFrame`. Первый из них представляет собой одномерный индексированный массив данных некоторого фиксированного типа. Второй – это двумерная структура данных, представляющая собой таблицу, каждый столбец которой содержит данные одного типа. Можно представлять её как словарь объектов типа `Series`. Структура `DataFrame` отлично подходит для представления реальных данных: строки соответствуют признаковым описаниям отдельных объектов, а столбцы соответствуют признакам.

1. На рис. 3.1 представлен код в `Python Notebook` для загрузки исходного набора данных.

```
In [8]: import pandas as pd
import numpy as np

data_source = 'iris.data'
d = pd.read_table(data_source, delimiter=',')
d.head()
```

Out[8]:

|   | 5.1 | 3.5 | 1.4 | 0.2 | Iris-setosa |
|---|-----|-----|-----|-----|-------------|
| 0 | 4.9 | 3.0 | 1.4 | 0.2 | Iris-setosa |
| 1 | 4.7 | 3.2 | 1.3 | 0.2 | Iris-setosa |
| 2 | 4.6 | 3.1 | 1.5 | 0.2 | Iris-setosa |
| 3 | 5.0 | 3.6 | 1.4 | 0.2 | Iris-setosa |
| 4 | 5.4 | 3.9 | 1.7 | 0.4 | Iris-setosa |

Рисунок 3.1 – Использование `pandas` для загрузки данных

Следует обратить внимание, что первая строка набора данных интерпретировалась как шапка таблицы (название столбцов). Данную неточность необходимо исправить следующим образом (рис. 3.2). В таком случае столбцы получают порядковые номера в качестве названий столбцов.

```
In [11]: import pandas as pd
import numpy as np

data_source = 'iris.data'
d = pd.read_table(data_source, delimiter=',', header=None)
d.head()
```

Out[11]:

|   | 0   | 1   | 2   | 3   | 4           |
|---|-----|-----|-----|-----|-------------|
| 0 | 5.1 | 3.5 | 1.4 | 0.2 | Iris-setosa |
| 1 | 4.9 | 3.0 | 1.4 | 0.2 | Iris-setosa |
| 2 | 4.7 | 3.2 | 1.3 | 0.2 | Iris-setosa |
| 3 | 4.6 | 3.1 | 1.5 | 0.2 | Iris-setosa |
| 4 | 5.0 | 3.6 | 1.4 | 0.2 | Iris-setosa |

Рисунок 3.2 – Добавление шапки DataFrame по умолчанию

Исследователь также может дать символьные имена столбцам при загрузке (рис. 3.3).

```
In [19]: import pandas as pd
import numpy as np

data_source = 'iris.data'
d = pd.read_table(data_source, delimiter=',',
                  header=None,
                  names=['sepal_length', 'sepal_width',
                        'petal_length', 'petal_width', 'answer'])
d.head()
```

Out[19]:

|   | sepal_length | sepal_width | petal_length | petal_width | answer      |
|---|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| 0 | 5.1          | 3.5         | 1.4          | 0.2         | Iris-setosa |
| 1 | 4.9          | 3.0         | 1.4          | 0.2         | Iris-setosa |
| 2 | 4.7          | 3.2         | 1.3          | 0.2         | Iris-setosa |
| 3 | 4.6          | 3.1         | 1.5          | 0.2         | Iris-setosa |
| 4 | 5.0          | 3.6         | 1.4          | 0.2         | Iris-setosa |

Рисунок 3.3 – Добавление шапки DataFrame с символьными именами столбцов

2. После загрузки данных можно визуализировать полученный набор данных. Для визуализации будем использовать библиотеку seaborn (рис. 3.4).

```
In [18]: import seaborn as sb
%matplotlib inline
sb.pairplot(d)
```

Рисунок 3.4 – Добавление шапки DataFrame по умолчанию

В результате будет выведен график, отображающий распределение объектов попарно по различным признакам (рис. 3.5).

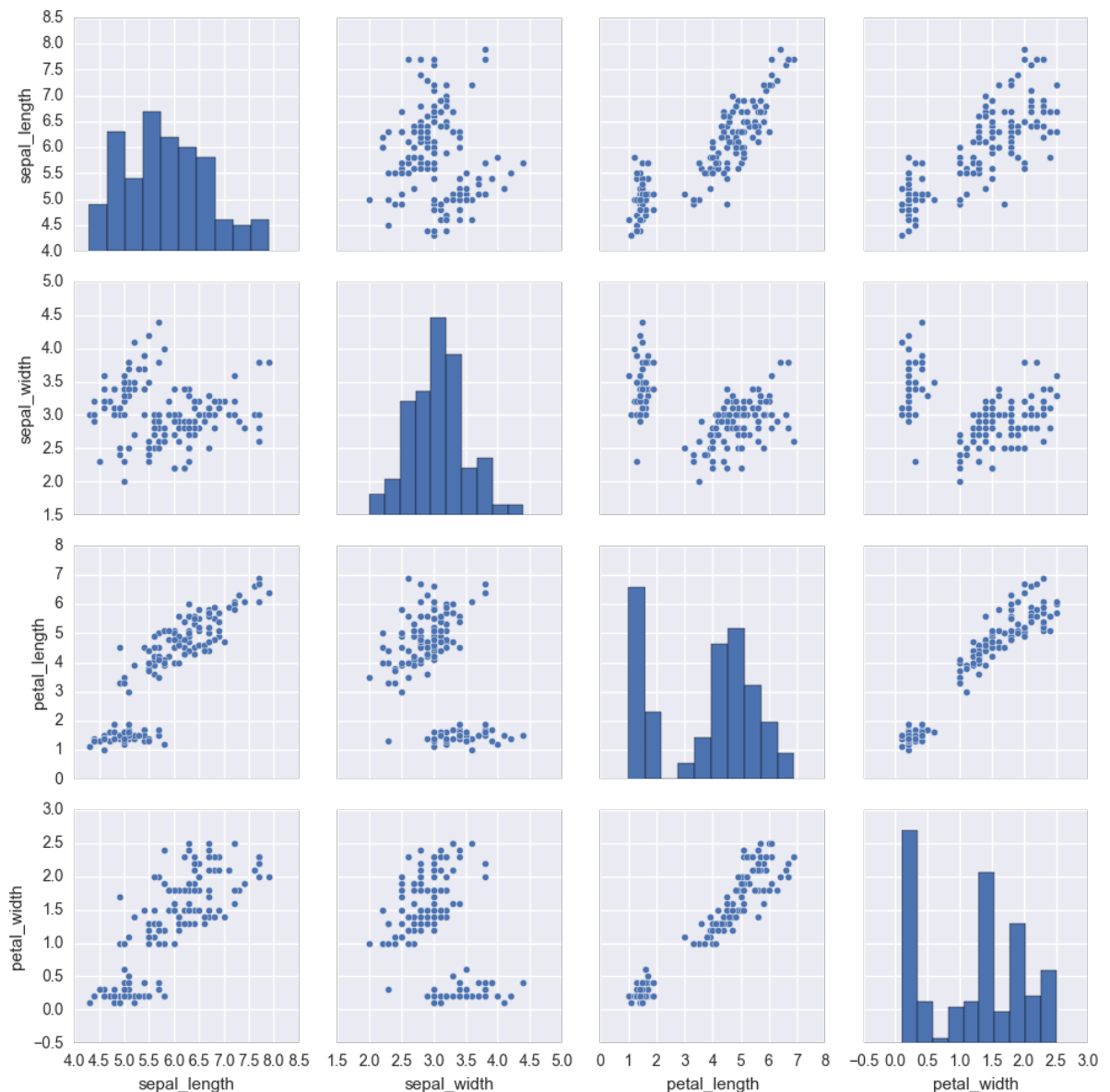


Рисунок 3.5 – Попарное признаковое распределение ирисов

На графике попарного распределения видно преимущество символьного обозначения столбцов – график легче интерпретировать. Отдельные классы не отмечаются различными цветами, но видно, что на отдельных подграфиках множества точек разделены. Следует обратить внимание на подграфики, расположенные по диагонали. Подумайте, что они отображают?

3. Для придания отдельным классам своих цветов необходимо указать, по какому признаку разделяются точки (рис. 3.6).

```
In [23]: import seaborn as sb
          %matplotlib inline
          sb.pairplot(d, hue='answer')
```

Рисунок 3.6 – Построение графика с указанием признака отдельных классов

Результат представлен на рис. 3.7.

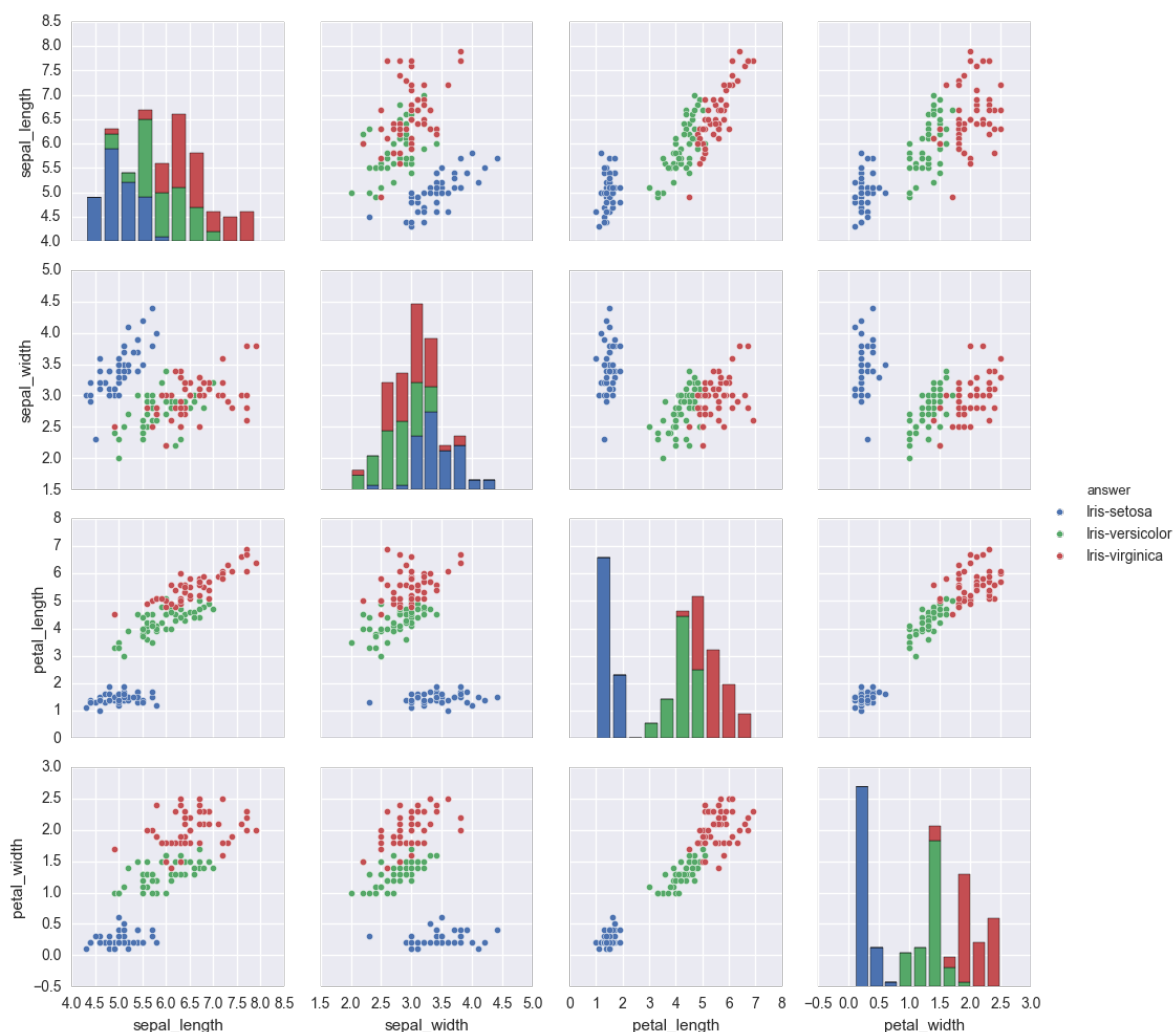


Рисунок 3.7 – Попарное признаковое распределение ирисов с разделением на классы

Можно изменить маркеры каждого класса. Для этого необходимо использовать код: `sb.pairplot(d, hue='answer', markers=["o", "s", "D"])`.

4. Перейдем к построению модели. Модель метрической классификации должна обеспечивать следующий алгоритм работы: пользователь вводит новое признаковое описание объекта (объект отсутствует

в обучающей выборке), а алгоритм классификации относит новый объект к одному из классов ирисов.

5. Существует несколько вариаций метода ближайших соседей. Каждая модель предполагает наличие различных параметров для оптимизации. Воспользуемся библиотекой `scikit` для построения классификатора (рис. 3.8).

```
from sklearn.neighbors import KNeighborsClassifier
from sklearn.metrics import accuracy_score

X_train = d[['sepal_length', 'sepal_width', 'petal_length', 'petal_width']]
y_train = d['answer']

K = 3

# Создание и настройка классификатора
knn = KNeighborsClassifier(n_neighbors=K)
# построение модели классификатора (процедура обучения)
knn.fit(X_train, y_train)

# Использование классификатора
# Объявление признаков объекта
X_test = np.array([[1.2, 1.0, 2.8, 1.2]])
# Получение ответа для нового объекта
target = knn.predict(X_test)
print(target)

['Iris-versicolor']
```

Рисунок 3.8 – Основные этапы решения задачи классификации методом ближайших соседей с использованием библиотеки `scikit`

Для представленного объекта `X_test` попробуйте поменять значение признаков и проследите за изменением значения выходного класса.

6. Модель построена и выдает ответ для новых (отсутствующих в исходной выборке) объектов. Но, анализируя код на рис. 3.8, следует отметить следующие недостатки такого подхода:

- в качестве количества ближайших соседей выбрано значение  $K=3$ , выбор данного значения не обосновывается, но в данном методе именно данный параметр должен оптимизироваться;

– отсутствует какое-либо графическое представление модели, нет визуализации процесса принятия решения.

Исправим данные недостатки.

7. Займемся обоснованием выбора оптимального значения количества ближайших соседей. Для этого будем использовать простейшую оценку качества hold-out (рис. 3.9).

```
from sklearn.model_selection import train_test_split

X_train, X_holdout, y_train, y_holdout = \
    train_test_split(d[['sepal_length', 'sepal_width',
                        'petal_length', 'petal_width']],
                    d['answer'],
                    test_size=0.3,
                    random_state=17)

knn = KNeighborsClassifier(n_neighbors=3)
knn.fit(X_train, y_train)
knn_pred = knn.predict(X_holdout)
accur = accuracy_score(y_holdout, knn_pred)
print('accuracy: ', accur)
```

```
accuracy: 0.977777777778
```

Рисунок 3.9 – Оценка точности классификатора с использованием методики hold-out

В качестве эксперимента попробуйте поменять значение количества соседей и рассмотрите изменение точности классификатора.

8. Еще одна оценка качества – cross validation (CV) error. На рис. 3.10 показан алгоритм получения оценки точности классификации CV и процедура выбора оптимального значения количества соседей в алгоритме kNN на основе данной оценки.

```

from sklearn.model_selection import cross_val_score
import matplotlib.pyplot as plt

# Значения параметра K
k_list = list(range(1,50))
# Пустой список для хранения значений точности
cv_scores = []
# В цикле проходим все значения K
for k in k_list:
    knn = KNeighborsClassifier(n_neighbors=k)
    scores = cross_val_score(knn, d.ix[ : , 0:4 ], d['answer'], cv=10, scoring='accuracy')
    cv_scores.append(scores.mean())

# Вычисляем ошибку (misclassification error)
MSE = [1-x for x in cv_scores]

# Строим график
plt.plot(k_list, MSE)
plt.xlabel('Количество соседей (K)');
plt.ylabel('Ошибка классификации (MSE)')
plt.show()

# Ищем минимум
k_min = min(MSE)

# Пробуем найти прочие минимумы (если их несколько)
all_k_min = []
for i in range(len(MSE)):
    if MSE[i] <= k_min:
        all_k_min.append(k_list[i])

# печатаем все K, оптимальные для модели
print('Оптимальные значения K: ', all_k_min)

```

Рисунок 3.10 – Реализация процедуры выбора оптимального параметра на основе cross validation error

Вывод для данного кода представлен на рис. 3.11.

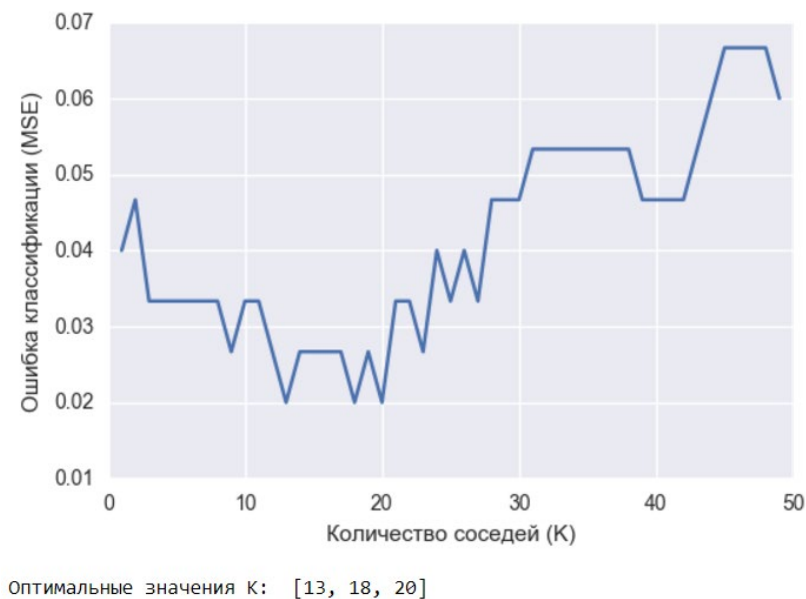


Рисунок 3.11 – Визуализация выбора оптимального параметра на основе cross validation error

### 3.2 Важные замечания

1. При выборе набора данных (data set) на ресурсах [3, 4] необходимо согласовать свой выбор с другими студентами группы и преподавателем с целью недопустимости выбора одинаковых вариантов.

2. В рамках данного лабораторного курса рекомендуется использовать инструментарий Python (библиотеки, среду разработки) для решения поставленных задач.

3. При выборе набора данных следует отдавать предпочтение тем наборам, которые имеют следующие характеристики: содержат не более 5 признаков на объект; все признаки – числовые; желательно отсутствие пропусков в данных.

### 3.3 Индивидуальное задание

1. Студент самостоятельно выбирает набор данных на ресурсах [3, 4] для построения классификатора с использованием метода ближайших соседей и согласует свой выбор с преподавателем.

2. Выполните построение модели классификации на основе метода ближайших соседей. В ходе решения задачи необходимо решить следующие подзадачи:

2.1 Построение классификатора с заданием  $K$  (количества ближайших соседей) пользователем;

2.2 Вычисление оценки hold-out для различных значений  $K$ , а также для различных долей обучающей и тестирующей подвыборок;

2.3 Вычисление оценки cross validation для различных значений  $K$ , а также для различных значений fold (количества подмножеств при кросс-валидации).

2.4 Вычислите оптимальные значения  $K$ . Обоснуйте свой выбор. Продемонстрируйте использование полученного классификатора.

#### **4. Содержание отчета и его форма**

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Номер и название лабораторной работы; задачи лабораторной работы.
2. Реализация каждого пункта подраздела «Индивидуальное задание» с приведением исходного кода программы, диаграмм и графиков для визуализации данных.
3. Ответы на контрольные вопросы.
4. Экранные формы (консольный вывод) и листинг программного кода с комментариями, показывающие порядок выполнения лабораторной работы, и результаты, полученные в ходе её выполнения.

Отчет о выполнении лабораторной работы подписывается студентом и сдается преподавателю.

#### **5. Контрольные вопросы**

1. Поясните особенности основных методов метрической классификации: метод ближайшего соседа, метод  $k$  ближайших соседей.
2. Поясните основные принципы и этапы реализации метода  $kNN$ .
3. Поясните принцип выбора количества соседних объектов, по которым определяется принадлежность целевого объекта к результирующему классу.
4. В чем заключается метод парзенковского окна?
5. Поясните принцип метода потенциальных функций.
6. Назовите, какие параметры оптимизируют в методах  $kNN$ ?

#### **6. Список литературы**

Для выполнения лабораторной работы, при подготовке к защите, а также для ответа на контрольные вопросы рекомендуется использовать следующие источники: [1-5].

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4. ЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КЛАССИФИКАЦИИ**

### **1. Цели и задачи**

Цель лабораторной работы: изучение принципов построения информационных систем с использованием логических методов классификации.

Основные задачи:

- освоение технологии внедрения алгоритмов на основе решающих списков в приложения;
- освоение технологии внедрения алгоритмов на основе решающих деревьев в приложения;
- изучение параметров логической классификации;
- освоение модификаций логических методов классификации.

### **2. Теоретическое обоснование**

Перед выполнением лабораторной работы необходимо ознакомиться с теорией построения логических классификаторов, используя следующие источники: [1-5].

### **3. Методика и порядок выполнения работы**

#### **3.1 Учебная задача**

В рамках учебной задачи необходимо произвести построение классификатора на основе логического дерева. В качестве набора данных используется набор данных об ирисах Фишера.

1. Подключим библиотеки, которые потребуются для загрузки и первичного анализа данных (рис. 4.1).

```

import numpy as np
import pandas as pd

%matplotlib inline

import seaborn as sns
from matplotlib import pyplot as plt

data_source = 'iris.data'
d = pd.read_table(data_source, delimiter=',',
                  header=None,
                  names=['sepal_length', 'sepal_width',
                        'petal_length', 'petal_width', 'answer'])
dX = d.ix[ : , 0:4 ]
dy = d['answer']
print(dX.head())
print(dy.head())

```

|   | sepal_length | sepal_width | petal_length | petal_width |
|---|--------------|-------------|--------------|-------------|
| 0 | 5.1          | 3.5         | 1.4          | 0.2         |
| 1 | 4.9          | 3.0         | 1.4          | 0.2         |
| 2 | 4.7          | 3.2         | 1.3          | 0.2         |
| 3 | 4.6          | 3.1         | 1.5          | 0.2         |
| 4 | 5.0          | 3.6         | 1.4          | 0.2         |

|   |             |
|---|-------------|
| 0 | Iris-setosa |
| 1 | Iris-setosa |

Рисунок 4.1 – Использование pandas для загрузки набора данных

2. Для построения дерева классификации воспользуемся специальным классом `sklearn.tree.DecisionTreeClassifier`. Оценим точность модели методом hold-out (рис. 4.2). Следует обратить внимание, что если в методе ближайших соседей производилась оптимизация по одному параметру  $K$  – количеству ближайших соседей, то при создании модели `DecisionTreeClassifier` необходимо указать два параметра: максимальную глубину дерева (`max_depth`) и количество признаков разделения дерева (`max_features`).

```

from sklearn.tree import DecisionTreeClassifier
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.metrics import accuracy_score

# Подмножества для hold-out
X_train, X_holdout, y_train, y_holdout = \
train_test_split(dX, dy, test_size=0.3, random_state=12)

# Обучение модели
tree = DecisionTreeClassifier(max_depth=5,
                             random_state=21,
                             max_features=2)

tree.fit(X_train, y_train)

# Получение оценки hold-out
tree_pred = tree.predict(X_holdout)
accur = accuracy_score(y_holdout, tree_pred)
print(accur)

```

0.977777777778

Рисунок 4.2 – Обучение модели классификации и оценка ее точности методом hold-out

3. Произведем оценку точности модели по методу cross validation (рис. 4.3), а также сделаем выводы об оптимальном значении параметра `max_depth`.

```

from sklearn.model_selection import cross_val_score

# Значения параметра max_depth
d_list = list(range(1,20))
# Пустой список для хранения значений точности
cv_scores = []
# В цикле проходим все значения K
for d in d_list:
    tree = DecisionTreeClassifier(max_depth=d,
                                  random_state=21,
                                  max_features=2)

    scores = cross_val_score(tree, dX, dy, cv=10, scoring='accuracy')
    cv_scores.append(scores.mean())

# Вычисляем ошибку (misclassification error)
MSE = [1-x for x in cv_scores]

# Строим график
plt.plot(d_list, MSE)
plt.xlabel('Макс. глубина дерева (max_depth)');
plt.ylabel('Ошибка классификации (MSE)')
plt.show()

# Ищем минимум
d_min = min(MSE)

```

```
# Пробуем найти прочие минимумы (если их несколько)
all_d_min = []
for i in range(len(MSE)):
    if MSE[i] <= d_min:
        all_d_min.append(d_list[i])

# печатаем все K, оптимальные для модели
print('Оптимальные значения max_depth: ', all_d_min)
```

Рисунок 4.3 – Оценка точности модели методом cross validation и нахождение оптимального значения параметра max\_depth

В результате работы данного кода будет получен вывод (рис. 4.4).

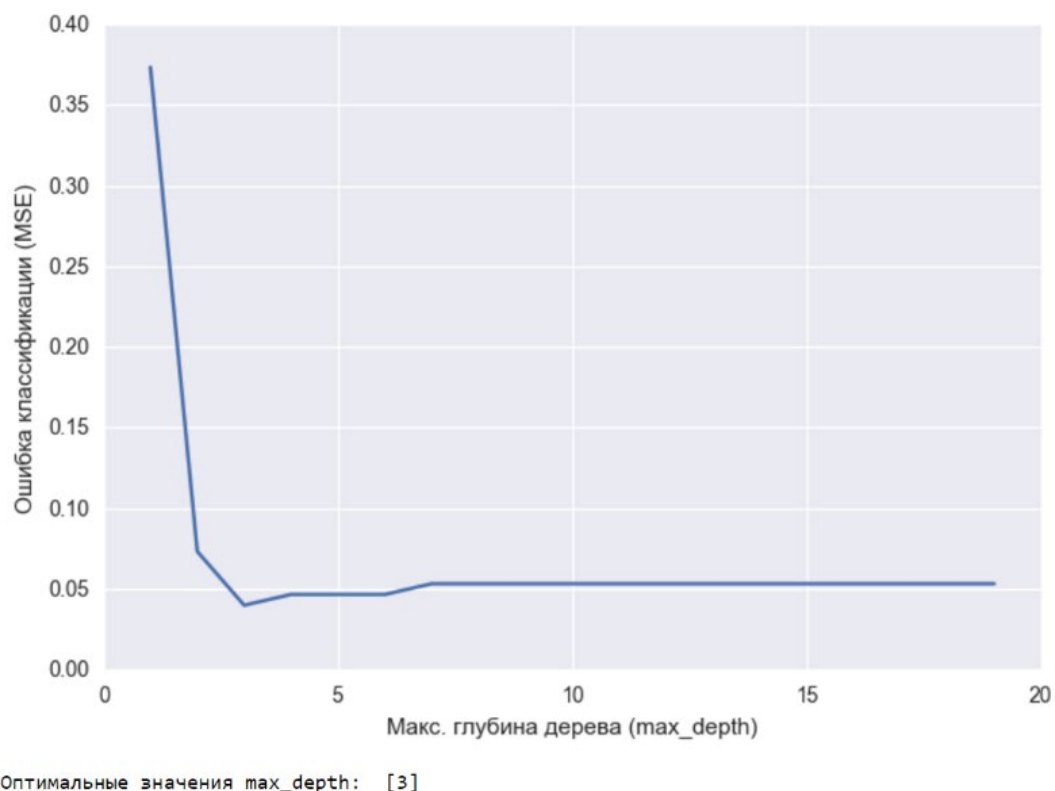


Рисунок 4.4 – Вывод зависимости значения MSE от параметра max\_depth

4. Оптимальное значение параметра max\_depth модели получено, но в модели присутствует еще один параметр max\_features, который был установлен в значение 2 (не изменялся и не оптимизировался). Для проведения cross validation по всем параметрам воспользуемся классом GridSearchCV пакета sklearn.model\_selection (рис. 4.5).

```

from sklearn.model_selection import GridSearchCV, cross_val_score
from sklearn import tree

dtc = DecisionTreeClassifier(max_depth=10, random_state=21, max_features=2)

tree_params = { 'max_depth': range(1,20), 'max_features': range(1,4) }
tree_grid = GridSearchCV(dtc, tree_params, cv=10, verbose=True, n_jobs=-1)
tree_grid.fit(dX, dy)

print('\n')
print('Лучшее сочетание параметров: ', tree_grid.best_params_)
print('Лучшие баллы cross validation: ', tree_grid.best_score_)

# Генерируем графическое представление дерева
tree.export_graphviz(tree_grid.best_estimator_,
                     feature_names=dX.columns,
                     class_names=dy.unique(),
                     out_file='iris_tree.dot',
                     filled=True, rounded=True)

```

Fitting 10 folds for each of 57 candidates, totalling 570 fits

Лучшее сочетание параметров: {'max\_features': 2, 'max\_depth': 3}  
 Лучшие баллы cross validation: 0.96

[Parallel(n\_jobs=-1)]: Done 570 out of 570 | elapsed: 3.9s finished

Рисунок 4.5 – Нахождение оптимальных параметров модели логической классификации

Поясните вывод данного фрагмента. Поясните значение таких величин как fold, candidate, fit. Какие значения принимают данные величины в данном коде и почему?

Следует обратить внимание, что в результате оценки оптимальных параметров, фактически, было построено оптимальное дерево классификации. Доступ к данному дереву производится через поле `best_estimator_` класса `GridSearchCV`. В коде (рис. 4.5) производится экспорт полученного дерева в формат `.dot`. Полученный формат можно преобразовать в `.png` через сервис сайта <http://webgraphviz.com>. Полученное дерево представлено на рис. 4.6.

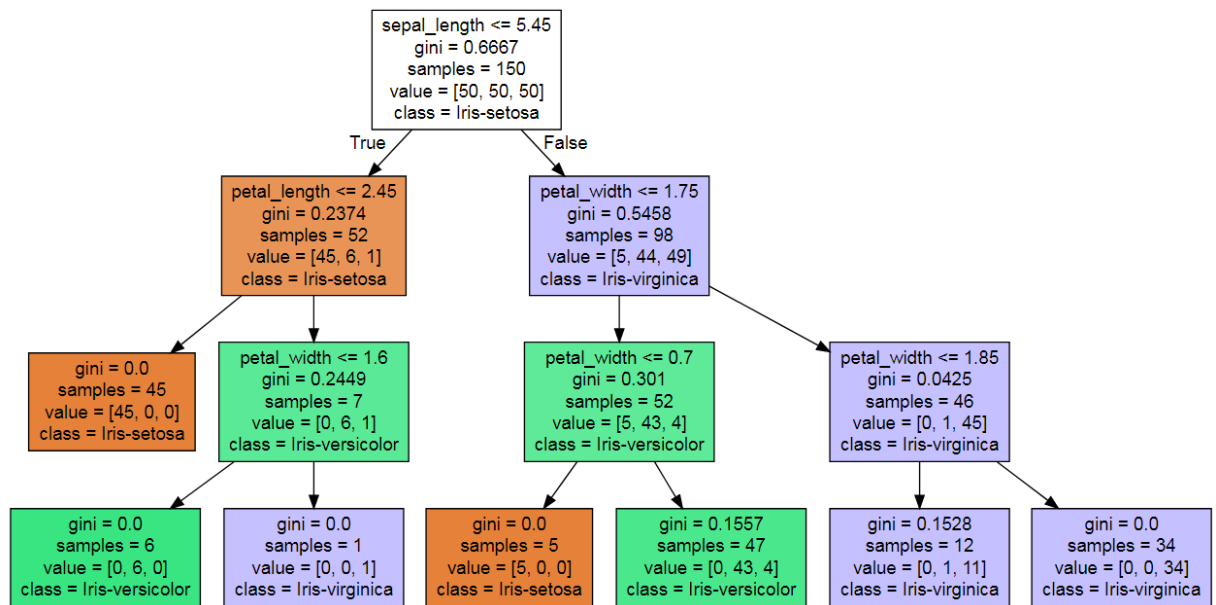


Рисунок 4.6 – Нахождение оптимальных параметров модели логической классификации

Поясните значения переменных в узлах полученного дерева: gini, samples, value.

5. Оптимальные параметры определены, можно обучить модель и использовать ее для классификации (рис. 4.7).

```

# Построим области решения для оптимального дерева
# max_features = 2, max_depth = 3

dtc = DecisionTreeClassifier(max_depth=3,
                             random_state=21,
                             max_features=2)

dtc.fit(dX, dy)
res = dtc.predict([[5.1, 3.5, 1.4, 0.2]])
print(res)

['Iris-setosa']

```

Рисунок 4.7 – Использование модели логической классификации

6. В заключении построим еще одну визуализацию процесса логической классификации – покажем решающие границы модели классификации (рис. 4.8).

```

plot_markers = ['r*', 'g^', 'bo']
answers = dy.unique()

# Создаем подграфики для каждой пары признаков
f, places = plt.subplots(4, 4, figsize=(16,16))

fmin = dX.min()-0.5
fmax = dX.max()+0.5
plot_step = 0.02

# Обходим все subplot
for i in range(0,4):
    for j in range(0,4):

        # Строим решающие границы
        if(i != j):
            xx, yy = np.meshgrid(np.arange(fmin[i], fmax[i], plot_step),
                                np.arange(fmin[j], fmax[j], plot_step))
            model = DecisionTreeClassifier(max_depth=3, random_state=21, max_features=2)
            model.fit(dX.ix[:, [i,j]], dy)
            p = model.predict(np.c_[xx.ravel(), yy.ravel()])
            p = p.reshape(xx.shape)
            p[p==answers[0]] = 0
            p[p==answers[1]] = 1
            p[p==answers[2]] = 2
            places[i,j].contourf(xx, yy, p, cmap='Pastel1')

        # Обход всех классов
        for id_answer in range(len(answers)):
            idx = np.where(dy == answers[id_answer])
            if i==j:
                places[i, j].hist(dX.iloc[idx].ix[:,i],
                                color=plot_markers[id_answer][0],
                                histtype = 'step')
            else:
                places[i, j].plot(dX.iloc[idx].ix[:,i], dX.iloc[idx].ix[:,j],
                                plot_markers[id_answer],
                                label=answers[id_answer], markersize=6)

        if j==0:
            places[i, j].set_ylabel(dX.columns[j])

        if i==3:
            places[i, j].set_xlabel(dX.columns[i])

```

Рисунок 4.8 – Построение решающих границ

Вывод данного кода представлен на рис. 4.9.

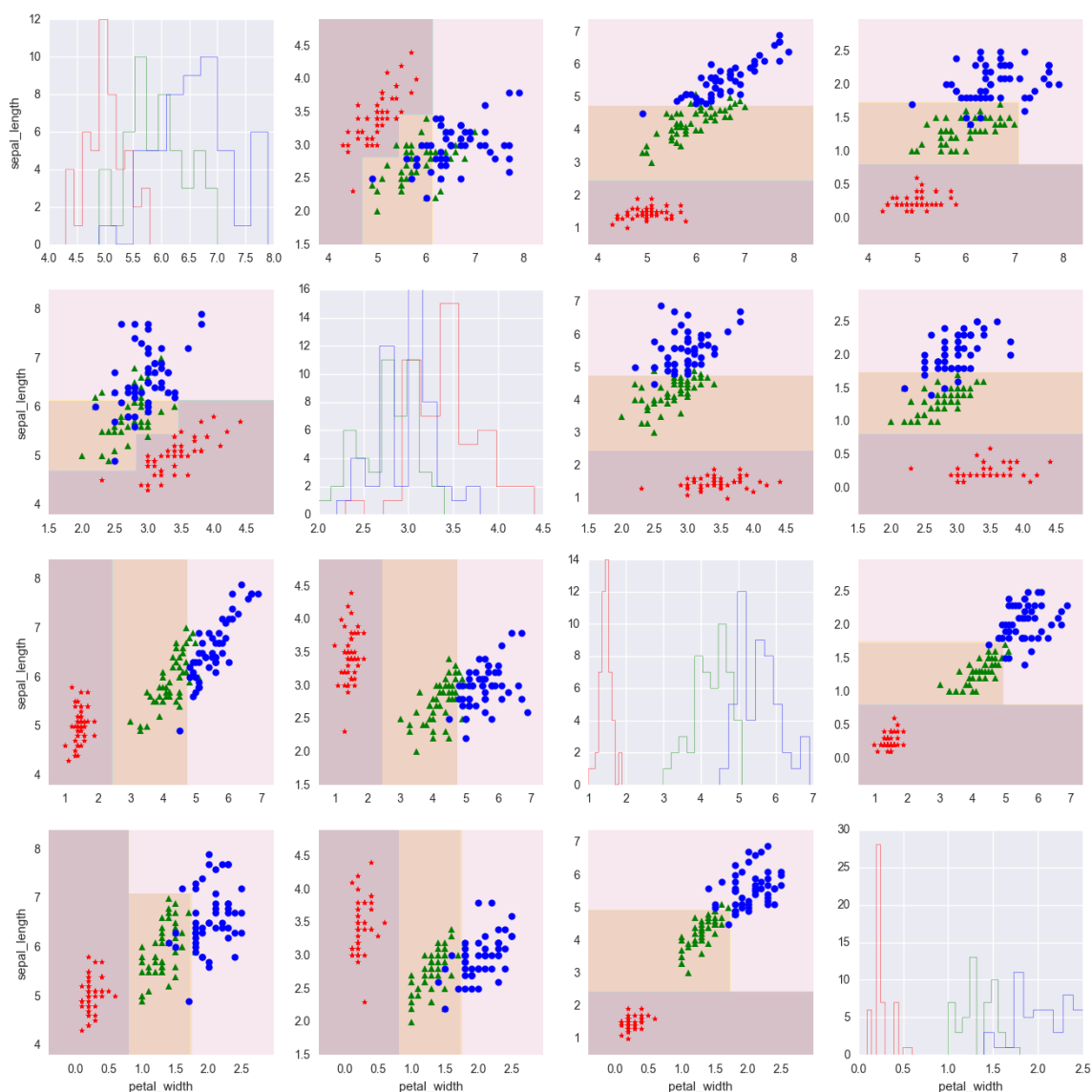


Рисунок 4.9 – Решающие границы логической модели классификации

## 7. Выполните индивидуальное задание.

### 3.2 Важные замечания

1. При выборе набора данных (data set) на ресурсах [3, 4] необходимо согласовать свой выбор с другими студентами группы и преподавателем с целью недопустимости выбора одинаковых вариантов.

2. В рамках данного лабораторного курса рекомендуется использовать инструментарий Python (библиотеки, среду разработки) для решения поставленных задач.

### 3.3 Индивидуальное задание

1. Студент самостоятельно выбирает набор данных на ресурсах [3, 4] для построения классификатора с использованием метода логической классификации и согласует свой выбор с преподавателем.

2. Выполните построение модели классификации на основе дерева классификации. В ходе решения задачи необходимо решить следующие подзадачи:

2.1 Построение логического классификатора с заданием `max_depth` (максимальной глубины) и `max_features` (максимального количества признаков) пользователем (установить любые); визуализация дерева решений для выбранных исследователем параметров (в формате .png)

2.2 Вычисление оценки `cross validation` (MSE) для различных значений `max_depth` (построить график зависимости);

2.3 Вычисление оценки `cross validation` (MSE) для различных значений `max_features` (построить график зависимости);

2.4 Вычислите оптимальные значения `max_depth` и `max_features`. Обоснуйте свой выбор. Продемонстрируйте использование полученного классификатора.

2.5 Выведите дерево в формате .png;

2.6 Выведите решающие границы полученной модели.

## 4. Содержание отчета и его форма

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Номер и название лабораторной работы; задачи лабораторной работы.
2. Реализация каждого пункта подраздела «Индивидуальное задание» с приведением исходного кода программы, диаграмм и графиков для визуализации данных.

3. Ответы на контрольные вопросы.

4. Экранные формы (консольный вывод) и листинг программного кода с комментариями, показывающие порядок выполнения лабораторной работы, и результаты, полученные в ходе её выполнения.

Отчет о выполнении лабораторной работы подписывается студентом и сдается преподавателю.

## **5. Контрольные вопросы**

1. Поясните принцип построения дерева решений.
2. Укажите статистическое определение информативности.
3. Поясните энтропийное определение информативности.
4. Что такое многоклассовая информативность? Для чего она применяется?
5. Поясните назначение и алгоритм бинаризации количественных признаков.
6. Поясните порядок поиска закономерностей в форме конъюнкций.

## **6. Список литературы**

Для выполнения лабораторной работы, при подготовке к защите, а также для ответа на контрольные вопросы рекомендуется использовать следующие источники: [1–5].

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5. РАЗРАБОТКА ЕДИНОГО ПОДХОДА К ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ**

### **1. Цели и задачи**

Цель лабораторной работы: изучение теоретических принципов и инструментальных средств для построения пайплайна для предварительной обработки данных.

Основные задачи:

- предварительная обработка данных;
- изучение библиотек для предварительной обработки данных;
- масштабирование признаков;
- представление категориальных данных;
- построение пайплайна для предварительной обработки данных.

### **2. Теоретическое обоснование**

В предыдущих работах уже были представлены алгоритмы, позволяющие представить последовательность решения задач методами машинного обучения. Но для различных моделей очень часто приходится повторять одни и те же действия. Это делает возможным выработку некоторого унифицированного подхода к последовательности действий, которые реализует исследователь. В данной работе рассмотрим унифицированную последовательность действий, которую обычно выполняет исследователь по предварительной обработке данных.

Для решения задач машинного обучения часто приходится повторять различные блоки кода, которые являются единообразными для разных задач, принадлежащих одному классу (регрессия, классификация, кластеризация и т.д.). Данное обстоятельство приводит к повторяющемуся шаблонному коду. Такой код называется boilerplate-код или просто boilerplate. С другой стороны, единообразная последовательность действий, которую выполняет

разработчик при решении задач машинного обучения часто называется пайплайном (machine learning pipeline).

Рассмотрим простейший пайплан для решения задачи регрессии. Для решения задачи регрессии необходимо реализовать (в общем случае) следующие стадии:

1. Загрузка набора данных.
2. Заполнение пропусков данных в соответствии с выбранной стратегией.
3. Масштабирование признаков.
4. Обработка категориальных признаков.
5. Разделение на тестовую и тренировочную выборку.
6. Обучение модели.
7. Интерпретация и визуализация результатов.

Заполнение пропусков в данных

```
missingvalues = SimpleImputer(missing_values = np.nan, strategy = 'mean',
verbose = 0)
```

```
missingvalues = missingvalues.fit(X[:, 1:3])
```

```
X[:, 1:3]=missingvalues.transform(X[:, 1:3])
```

Масштабирование признаков (standartisation и normalization)

```
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
```

Разделение на тестовую и обучающую выборки:

```
from sklearn.model_selection import train_test_split
```

```
from sklearn.cross_validation import train_test_split
```

Перед выполнением лабораторной работы необходимо ознакомиться с базовыми принципами языка Python, используя следующие источники: [1-5].

### 3. Методика и порядок выполнения работы

Для тестирования универсального пайплайна будет использоваться модель линейной регрессии (LinearRegression из библиотеки sklearn).

#### 3.1 Учебная задача

Условие. Построить пайплайн, реализующий первичную обработку данных.

Решение. Для решения задачи необходимо написать скрипт на языке Python (рисунок 5.1).

#### 1. Подключение библиотек

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
```

#### 2. Загрузка данных и разделение на матрицу признаков и зависимую переменную

```
dataset = pd.read_csv('Data.csv')
dataset.head()
```

|   | Country | Age  | Salary  | Purchased |
|---|---------|------|---------|-----------|
| 0 | France  | 44.0 | 72000.0 | No        |
| 1 | Spain   | 27.0 | 48000.0 | Yes       |
| 2 | Germany | 30.0 | 54000.0 | No        |
| 3 | Spain   | 38.0 | 61000.0 | No        |
| 4 | Germany | 40.0 | NaN     | Yes       |

```
X = dataset.iloc[:, :-1].values
y = dataset.iloc[:, 3].values
print ("Матрица признаков"); print(X)
print ("Зависимая переменная"); print(y)
```

Матрица признаков

```
[[ 'France' 44.0 72000.0]
 [ 'Spain' 27.0 48000.0]
 [ 'Germany' 30.0 54000.0]
 [ 'Spain' 38.0 61000.0]
 [ 'Germany' 40.0 nan]
 [ 'France' 35.0 58000.0]
 [ 'Spain' nan 52000.0]
 [ 'France' 48.0 79000.0]
 [ 'Germany' 50.0 83000.0]
 [ 'France' 37.0 67000.0]]
```

Зависимая переменная

```
['No' 'Yes' 'No' 'No' 'Yes' 'Yes' 'No' 'Yes' 'No' 'Yes']
```

### 3. Обработка пропущенных значений

```
from sklearn.preprocessing import Imputer
imputer = Imputer(missing_values = 'NaN', strategy = 'mean', axis = 0)
imputer = imputer.fit(X[:, 1:3])
X[:, 1:3] = imputer.transform(X[:, 1:3])
print(X)
```

```
[['France' 44.0 72000.0]
 ['Spain' 27.0 48000.0]
 ['Germany' 30.0 54000.0]
 ['Spain' 38.0 61000.0]
 ['Germany' 40.0 63777.77777777778]
 ['France' 35.0 58000.0]
 ['Spain' 38.77777777777778 52000.0]
 ['France' 48.0 79000.0]
 ['Germany' 50.0 83000.0]
 ['France' 37.0 67000.0]]
```

### 4. Обработка категориальных данных

#### 4.1 Замена категории кодом (LabelEncoder)

```
from sklearn.preprocessing import LabelEncoder
labelencoder_y = LabelEncoder()
print("Зависимая переменная до обработки")
print(y)
y = labelencoder_y.fit_transform(y)
print("Зависимая переменная после обработки")
print(y)
```

```
Зависимая переменная до обработки
['No' 'Yes' 'No' 'No' 'Yes' 'Yes' 'No' 'Yes' 'No' 'Yes']
Зависимая переменная после обработки
[0 1 0 0 1 1 0 1 0 1]
```

#### 4.2 Применение OneHotEncoder

```
from sklearn.preprocessing import OneHotEncoder
labelencoder_X = LabelEncoder()
X[:, 0] = labelencoder_X.fit_transform(X[:, 0])
onehotencoder = OneHotEncoder(categorical_features = [0])
X = onehotencoder.fit_transform(X).toarray()
print("Перекодировка категориального признака")
print(X)
```

```
Перекодировка категориального признака
[[ 1.00000000e+00  0.00000000e+00  0.00000000e+00  4.40000000e+01
  7.20000000e+04]
 [ 0.00000000e+00  0.00000000e+00  1.00000000e+00  2.70000000e+01
  4.80000000e+04]
 [ 0.00000000e+00  1.00000000e+00  0.00000000e+00  3.00000000e+01
  5.40000000e+04]
 [ 0.00000000e+00  0.00000000e+00  1.00000000e+00  3.80000000e+01
  6.10000000e+04]]
```

Рисунок 5.1 – Код Python, отражающий общий пайплайн для предварительной обработки данных

На рисунке 5.1 показан устаревший метод работы с трансформатором OneHotEncoder. На рисунке 5.2 показан метод, который используется в настоящее время. Данный подход предполагает применение класса ColumnTransformer, который осуществляет преобразование значений столбцов с использованием переданных ему классов-трансформеров. В

качестве классов-трансформеров можно использовать классы FeatureHasher, MinMaxScaler, SimpleImputer, OneHotEncoder, Normalizer и прочие.

```

1  # создаем копию "грязного" объекта: пропусками и некодированными категориями
2  X_dirty = X.copy()
3  X_dirty

```

executed in 5ms, finished 17:12:54 2022-09-01

```

array([[ 'France', 44.0, 72000.0],
       [ 'Spain', 27.0, 48000.0],
       [ 'Germany', 30.0, 54000.0],
       [ 'Spain', 38.0, 61000.0],
       [ 'Germany', 40.0, nan],
       [ 'France', 35.0, 58000.0],
       [ 'Spain', nan, 52000.0],
       [ 'France', 48.0, 79000.0],
       [ 'Germany', 50.0, 83000.0],
       [ 'France', 37.0, 67000.0]], dtype=object)

```

```

1  # Современный метод трансформации признаков
2  from sklearn.preprocessing import OneHotEncoder
3  from sklearn.impute import SimpleImputer
4  from sklearn.compose import ColumnTransformer
5
6  # создаем список трансформеров
7  transformers = [
8      ('onehot', OneHotEncoder(), [0]),
9      ('imp', SimpleImputer(), [1, 2])
10 ]
11
12 # Создаем объект ColumnTransformer и передаем ему список трансформеров
13 ct = ColumnTransformer(transformers)
14
15 # Выполняем трансформацию признаков
16 X_transformed = ct.fit_transform(X_dirty)
17 print(X_transformed.shape)
18 X_transformed

```

executed in 10ms, finished 17:21:47 2022-09-01

```

Out[35]: array([[1.00000000e+00, 0.00000000e+00, 0.00000000e+00, 4.40000000e+01,
                7.20000000e+04],
                [0.00000000e+00, 0.00000000e+00, 1.00000000e+00, 2.70000000e+01,
                4.80000000e+04],
                [0.00000000e+00, 1.00000000e+00, 0.00000000e+00, 3.00000000e+01,
                5.40000000e+04],
                [0.00000000e+00, 0.00000000e+00, 1.00000000e+00, 3.80000000e+01,
                6.10000000e+04],
                [0.00000000e+00, 1.00000000e+00, 0.00000000e+00, 4.00000000e+01,
                6.37777778e+04],
                [1.00000000e+00, 0.00000000e+00, 0.00000000e+00, 3.50000000e+01,
                5.80000000e+04],
                [0.00000000e+00, 0.00000000e+00, 1.00000000e+00, 3.87777778e+01,
                5.20000000e+04],
                [1.00000000e+00, 0.00000000e+00, 0.00000000e+00, 4.80000000e+01,
                7.90000000e+04],
                [0.00000000e+00, 1.00000000e+00, 0.00000000e+00, 5.00000000e+01,
                8.30000000e+04],
                [1.00000000e+00, 0.00000000e+00, 0.00000000e+00, 3.70000000e+01,
                6.70000000e+04]])

```

Рисунок 5.2 – Код Python, отражающий применение ColumnTransformer

Следует обратить внимание, что большинство методов трансформации приводит к получению результата в виде массива. Для конвертации массива в DataFrame можно воспользоваться следующим подходом:

```
1  # Можно преобразовать полученный многомерный массив обратно в Dataframe
2  X_data = pd.DataFrame(
3      X_transformed,
4      columns=['C1', 'C2', 'C3', 'Age', 'Salary'])
5  X_data
```

executed in 12ms, finished 17:34:48 2022-09-01

|   | C1  | C2  | C3  | Age       | Salary       |
|---|-----|-----|-----|-----------|--------------|
| 0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 44.000000 | 72000.000000 |
| 1 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 27.000000 | 48000.000000 |
| 2 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 30.000000 | 54000.000000 |
| 3 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 38.000000 | 61000.000000 |
| 4 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 40.000000 | 63777.777778 |
| 5 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 35.000000 | 58000.000000 |
| 6 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 38.777778 | 52000.000000 |
| 7 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 48.000000 | 79000.000000 |
| 8 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 50.000000 | 83000.000000 |
| 9 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 37.000000 | 67000.000000 |

Рисунок 5.3 – Преобразование массива в DataFrame

### 3.2 Индивидуальное задание

1. Подберите набор данных на ресурсах [5-7] и согласуйте свой выбор с преподавателем. Студент может предложить синтезированный набор данных.

2. Реализуйте первичную обработку данных загруженного набора. Выполните полный спектр операций для загруженного набора данных: загрузка, визуализация, обработка пропущенных значений, обработка категориальных данных и разделение выборки на тестовую и тренировочную.

## 7. Содержание отчета и его форма

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Номер и название лабораторной работы; задачи лабораторной работы.
2. Реализация каждого пункта подраздела «Индивидуальное задание» с приведением исходного кода программы, диаграмм и графиков для визуализации данных.

3. Ответы на контрольные вопросы.

4. Экранные формы (консольный вывод) и листинг программного кода с комментариями, показывающие порядок выполнения лабораторной работы, и результаты, полученные в ходе её выполнения.

Отчет о выполнении лабораторной работы подписывается студентом и сдается преподавателю.

## 8. Контрольные вопросы

1. Какая библиотека python предназначена для управления наборами данных: numpy, pandas, sklearn, opencv, matplotlib?

2. Какая стратегия является нежелательной при обработке пропусков в данных?

а) замена пропущенных значений в столбце медианным значением по данному столбцу;

б) удаление строк, содержащих пропуски в данных;

в) замена пропущенных значений в столбце средним арифметическим значением по данному столбцу;

г) замена пропущенных значений в столбце наиболее часто встречающимся значением по данному столбцу;

3. Обоснуйте ответ на следующую проблему предварительной обработки данных: имеется независимая категориальная переменная  $u$ , которая представляет собой категориальный признак, опеределнный на домене {C#, Java, Python, R}. Нужно ли применять к данному целевому признаку OneHotEncoder?

4. Поясните принцип разбиения набора данных на обучающую и тестовую выборку. Какое соотношение «тестовая:обучающая» наиболее оптимально: 20:80, 50:50, 25:75, 5:95, 40:30?

5. Какой код лучше использовать при загрузке данных из csv-файла?

а) `dataset = read_csv("data.csv")`

- б) `dataset = import("data.csv")`
- в) `dataset = read.csv("data.csv")`
- г) `dataset = import.csv("data.csv")`
- д) `dataset = read_xls("data.csv")`

## **9. Список литературы**

Для выполнения лабораторной работы, при подготовке к защите, а также для ответа на контрольные вопросы рекомендуется использовать следующие источники: [1, 2, 5-7].

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 6. ПОСТРОЕНИЕ ПАЙПЛАЙНА ОДНОМЕРНОЙ РЕГРЕССИИ

### 1. Цели и задачи

Цель лабораторной работы: разработка единого пайплайна для решения задачи регрессии.

Основные задачи:

- реализовать конвейер для выполнения всех стадий обработки данных при решении задачи одномерной регрессии;
- получение теоретических представлений о задаче регрессии;
- получение навыков использования пайплайна при решении задачи машинного обучения;
- получение навыков рефакторинга кода в задачах машинного обучения.

### 2. Теоретическое обоснование

Для решения задачи одномерной регрессии необходимо использовать универсальный пайплайн предварительной обработки данных. К имеющемуся шаблонному коду необходимо добавить код для обучения модели, интерпретации и визуализации результатов.

Линейная регрессия – метод восстановления зависимости между двумя переменными. Пусть задана модель регрессии – параметрическое семейство функций  $g(x, \alpha)$ , где  $\alpha \in \mathbb{R}^p$  – вектор параметров модели. Определим функционал качества аппроксимации целевой зависимости на выборке  $X^\ell$  как сумму квадратов ошибок:

$$Q(\alpha, X^\ell) = \sum_{i=1}^{\ell} (g(x_i, \alpha) - y_i)^2. \quad (6.1)$$

Обучение по методу наименьших квадратов (МНК) состоит в том, чтобы найти вектор параметров  $\alpha^*$ , при котором достигается минимум среднего квадрата ошибки на заданной обучающей выборке  $X^\ell$ :

$$\alpha^* = \arg \min_{\alpha \in \mathbb{R}^p} Q(\alpha, X^\ell). \quad (6.2)$$

Стандартный способ решения этой оптимизационной задачи – воспользоваться необходимым условием минимума. Если функция  $g(x, \alpha)$  достаточное число раз дифференцируема по  $\alpha$ , то в точке минимума выполняется система  $p$  уравнений относительно  $p$  неизвестных:

$$\frac{\partial Q}{\partial \alpha}(\alpha, X^\ell) = 2 \sum_{i=1}^{\ell} (g(x_i, \alpha) - y_i) \frac{\partial g}{\partial \alpha}(x_i, \alpha) = 0. \quad (6.3)$$

С использованием библиотек машинного обучения формулы (6.1) – (6.2) можно реализовать автоматически, но следует понимать, что конкретно реализует каждый метод.

### 3. Методика и порядок выполнения работы

Перед выполнением индивидуального задания рекомендуется выполнить все пункты учебной задачи.

#### 3.1 Учебная задача

Условие. Построить пайплайн, реализующий решение задачи линейной одномерной регрессии.

Решение. Для решения задачи необходимо написать скрипт на языке Python (рисунок 6.1).

## 1. Подключение библиотек

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
```

## 2. Загрузка данных и разделение на матрицу признаков и зависимую переменную

```
dataset = pd.read_csv('./Salary_Data.csv')
dataset.head()
```

|   | YearsExperience | Salary  |
|---|-----------------|---------|
| 0 | 1.1             | 39343.0 |
| 1 | 1.3             | 46205.0 |
| 2 | 1.5             | 37731.0 |
| 3 | 2.0             | 43525.0 |
| 4 | 2.2             | 39891.0 |

```
X = dataset.iloc[:, :-1].values
y = dataset.iloc[:, 1].values
print ("Матрица признаков"); print(X[:5])
print ("Зависимая переменная"); print(y[:5])
```

Матрица признаков

```
[[ 1.1]
 [ 1.3]
 [ 1.5]
 [ 2. ]
 [ 2.2]]
```

Зависимая переменная

```
[ 39343.  46205.  37731.  43525.  39891.]
```

## Lesson 7. Построение пайплайна регрессии Last Checkpoint: 5 minutes ago (autosaved)

View Insert Cell Kernel Widgets Help

Trusted

Code

## 5. Разделение выборки на тестовую и тренировочную

```
# from sklearn.cross_validation import train_test_split
from sklearn.model_selection import train_test_split
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size = 1/4, random_state = 0)
```

## 6. Обучение линейной модели регрессии

```
from sklearn.linear_model import LinearRegression
regressor = LinearRegression()
regressor.fit(X_train, y_train)
```

```
LinearRegression(copy_X=True, fit_intercept=True, n_jobs=1, normalize=False)
```

## 7. Предсказание, обработка и визуализация результатов

```
y_pred = regressor.predict(X_test)
print(y_pred)
```

```
[ 41056.25705466 123597.70938378  65443.50433372  63567.56223533
 116093.94099022 108590.17259667 117031.91203942  64505.53328452]
```

```
plt.scatter(X_train, y_train, color = 'red')
plt.plot(X_train, regressor.predict(X_train), color = 'blue')
plt.title('Salary vs Experience (Training set)')
plt.xlabel('Years of Experience')
plt.ylabel('Salary')
plt.show()
```



```
plt.scatter(X_test, y_test, color = 'red')
plt.plot(X_train, regressor.predict(X_train), color = 'blue')
plt.title('Salary vs Experience (Test set)')
plt.xlabel('Years of Experience')
plt.ylabel('Salary')
plt.show()
```



Рисунок 6.1 – Код Python, отражающий общий пайплайн для задачи одномерной регрессии

### 3.2 Индивидуальное задание

1. Подберите набор данных на ресурсах [5-7] и согласуйте свой выбор с преподавателем. Студент может предложить синтезированный набор данных.
2. Постройте модель регрессии на основе универсального пайплайна.

## 7. Содержание отчета и его форма

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Номер и название лабораторной работы; задачи лабораторной работы.
2. Реализация каждого пункта подраздела «Индивидуальное задание» с приведением исходного кода программы, диаграмм и графиков для визуализации данных.
3. Ответы на контрольные вопросы.
4. Экранные формы (консольный вывод) и листинг программного кода с комментариями, показывающие порядок выполнения лабораторной работы, и результаты, полученные в ходе её выполнения.

Отчет о выполнении лабораторной работы подписывается студентом и сдается преподавателю.

## **8. Контрольные вопросы**

1. Почему при реализации линейной модели регрессии нет необходимости выполнять масштабирование признаков?
2. Почему при реализации модели линейной регрессии в качестве функции потерь используется квадратичное отклонение, а не модуль отклонения?
3. Что именно реализовано в методе `fit(X, y)` класса `LinearRegression`?
4. Что такое  $p$ -значение? Как  $p$ -значение используется при оптимизации моделей регрессии?
5. Поясните назначение метода `predict` класса `LinearRegression`.
6. Поясните назначение метода `plot` и `scatter` класса `pyplot`.
7. По какой подвыборке необходимо оценивать точность модели машинного обучения: тестовой или тренировочной?

## **9. Список литературы**

Для выполнения лабораторной работы, при подготовке к защите, а также для ответа на контрольные вопросы рекомендуется использовать следующие источники: [1, 2, 5-7].

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 7. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗРАБОТАННОГО ПАЙПЛАЙНА ДЛЯ МНОГОМЕРНОЙ РЕГРЕССИИ**

### **1. Цели и задачи**

Цель лабораторной работы: научиться применять разработанный пайплайн для тиражирования кода с целью решения широкого круга задач машинного обучения.

Основные задачи:

- получение навыков рефакторинга кода в проектах машинного обучения;
- получение навыков определения ключевых признаков в задачах машинного обучения;
- получение навыков реализации ключевых стратегий оптимизации моделей регрессии.

### **2. Теоретическое обоснование**

При решении задач многомерной регрессии исследователю необходимо решить ряд подзадач:

1. Определить коррелированность признаков.
2. Определить, какие признаки существенны при построении модели регрессии.

Проблема определения значимых признаков связана с проблемой снижения размерности.

Важное значение при многомерной регрессии приобретает обработка категориальных признаков. Часто необходимо заменить категориальный признак на набор фиктивных переменных.

К проблеме выбора значимых переменных существует несколько стратегий (фактически это методы построения модели многомерной регрессии):

1. All-in. В данном подходе производится включение всех признаков в модель.
2. Backward Elimination. В подходе предполагается обучение модели с учетом всех признаков и удаление признаков по одному на основе их значимости до достижения ситуации, когда останутся только значимые признаки.
3. Forward Selection. Подход предполагает начальное тестирование модели с одним признаком (тестируется каждый признак). Затем добавляются по одному наиболее значимые признаки.
4. Bidirectional Elimination. Подход совмещает стратегии 2 и 3.
5. Score Comparison.

### 3. Методика и порядок выполнения работы

Перед выполнением индивидуального задания рекомендуется выполнить все пункты учебной задачи.

#### 3.1 Учебная задача

**Задание.** На основе разработанного пайплайна для линейной одномерной регрессии разработать многомерную модель регрессии.

**Решение.** Для разработки модели необходимо реализовать следующий код:

##### 1.1 Подключение библиотек

```
1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3 import pandas as pd
```

executed in 11.9s, finished 21:21:46 2019-10-11

## 1.2 Загрузка данных и разделение на матрицу признаков и зависимую переменную

```
1 dataset = pd.read_csv('50_Startups.csv')
2 dataset.head()
```

executed in 14ms, finished 21:49:36 2019-10-11

|   | R&D Spend | Administration | Marketing Spend | State      | Profit    |
|---|-----------|----------------|-----------------|------------|-----------|
| 0 | 165349.20 | 136897.80      | 471784.10       | New York   | 192261.83 |
| 1 | 162597.70 | 151377.59      | 443898.53       | California | 191792.06 |
| 2 | 153441.51 | 101145.55      | 407934.54       | Florida    | 191050.39 |
| 3 | 144372.41 | 118671.85      | 383199.62       | New York   | 182901.99 |
| 4 | 142107.34 | 91391.77       | 366168.42       | Florida    | 166187.94 |

```
1 X = dataset.iloc[:, :-1].values
2 y = dataset.iloc[:, 4].values
3 print ("Матрица признаков"); print(X[:5])
4 print ("Зависимая переменная"); print(y[:5])
```

executed in 6ms, finished 21:50:21 2019-10-11

Матрица признаков

```
[[165349.2 136897.8 471784.1 'New York']
 [162597.7 151377.59 443898.53 'California']
 [153441.51 101145.55 407934.54 'Florida']
 [144372.41 118671.85 383199.62 'New York']
 [142107.34 91391.77 366168.42 'Florida']]
```

## 1.3 Обработка пропущенных значений

```
1 # from sklearn.preprocessing import Imputer
2 # imputer = Imputer(missing_values = 'NaN', strategy = 'mean', axis = 0)
3 # imputer = imputer.fit(X[:, 1:3])
4 # X[:, 1:3] = imputer.transform(X[:, 1:3])
5 # print(X)
```

## 1.4 Обработка категориальных данных

### 1.4.1 Замена категории кодом (LabelEncoder)

```
1 # from sklearn.preprocessing import LabelEncoder
2 # labelencoder_y = LabelEncoder()
3 # print("Зависимая переменная до обработки")
4 # print(y)
5 # y = labelencoder_y.fit_transform(y)
6 # print("Зависимая переменная после обработки")
7 # print(y)
```

### 1.4.2 Применение OneHotEncoder

```
1 from sklearn.preprocessing import LabelEncoder, OneHotEncoder
2 labelencoder = LabelEncoder()
3 X[:, 3] = labelencoder.fit_transform(X[:, 3])
4 onehotencoder = OneHotEncoder(categorical_features = [3])
5 X = onehotencoder.fit_transform(X).toarray()
6 print("Перекодировка категориального признака")
7 print(X[:,4,:])
```

executed in 8ms, finished 21:50:24 2019-10-11

Перекодировка категориального признака

```
[[0.000000e+00 0.000000e+00 1.000000e+00 1.6534920e+05 1.3689780e+05
  4.7178410e+05]
 [1.000000e+00 0.000000e+00 0.000000e+00 1.6259770e+05 1.5137759e+05
  4.4389853e+05]
 [0.000000e+00 1.000000e+00 0.000000e+00 1.5344151e+05 1.0114555e+05
  4.0793454e+05]
 [0.000000e+00 0.000000e+00 1.000000e+00 1.4437241e+05 1.1867185e+05
  3.8319962e+05]]
```

### 1.5 Для предотвращения мультиколлинеарности необходимо избавиться от одной из фиктивных переменных, добавленных в результате обработки категориальных признаков

```
1 X = X[:, 1:]
2 print(X[:, 4,:])
```

executed in 4ms, finished 21:50:50 2019-10-11

```
[[0.0000000e+00 1.0000000e+00 1.6534920e+05 1.3689780e+05 4.7178410e+05]
 [0.0000000e+00 0.0000000e+00 1.6259770e+05 1.5137759e+05 4.4389853e+05]
 [1.0000000e+00 0.0000000e+00 1.5344151e+05 1.0114555e+05 4.0793454e+05]
 [0.0000000e+00 1.0000000e+00 1.4437241e+05 1.1867185e+05 3.8319962e+05]]
```

### 1.6 Разделение выборки на тестовую и тренировочную

```
1 # from sklearn.cross_validation import train_test_split
2 from sklearn.model_selection import train_test_split
3 X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size = 0.2, random_state = 0)
```

executed in 3ms, finished 21:51:04 2019-10-11

### 1.7 Обучение линейной модели регрессии

```
1 from sklearn.linear_model import LinearRegression
2 regressor = LinearRegression()
3 regressor.fit(X_train, y_train)
```

executed in 5ms, finished 21:51:10 2019-10-11

### 1.8 Обработка результатов, тюнинг модели

#### 1.8.1 Предсказание

```
1 y_pred = regressor.predict(X_test)
2 print(y_pred)
```

executed in 3ms, finished 21:51:13 2019-10-11

```
[103015.20159795 132582.27760817 132447.73845176 71976.09851257
 178537.48221058 116161.24230165 67851.69209675 98791.73374686
 113969.43533013 167921.06569553]
```

Рисунок 7.1 – Код Python для построения модели многомерной регрессии

На данный момент произведено обучение модели на всем наборе признаков. Для оптимизации модели реализуем стратегию Back Elimination (рисунок 7.2).

#### 1.8.2 Оптимизация модели

```
1 import statsmodels.formula.api as sm
2 X = np.append(arr = np.ones((50, 1)).astype(int), values = X, axis = 1)
3 X_opt = X[:, [0, 1, 2, 3, 4, 5]]
4 regressor_OLS = sm.OLS(endog = y, exog = X_opt).fit()
5 regressor_OLS.summary()
```

executed in 22ms, finished 21:51:17 2019-10-11

|       | coef      | std err  | t      | P> t  | [0.025    | 0.975]   |
|-------|-----------|----------|--------|-------|-----------|----------|
| const | 5.013e+04 | 6884.820 | 7.281  | 0.000 | 3.62e+04  | 6.4e+04  |
| x1    | 198.7888  | 3371.007 | 0.059  | 0.953 | -6595.030 | 6992.607 |
| x2    | -41.8870  | 3256.039 | -0.013 | 0.990 | -6604.003 | 6520.229 |
| x3    | 0.8060    | 0.046    | 17.369 | 0.000 | 0.712     | 0.900    |
| x4    | -0.0270   | 0.052    | -0.517 | 0.608 | -0.132    | 0.078    |
| x5    | 0.0270    | 0.017    | 1.574  | 0.123 | -0.008    | 0.062    |

```
X_opt = X[:, [0, 1, 3, 4, 5]]
regressor_OLS = sm.OLS(endog = y, exog = X_opt).fit()
regressor_OLS.summary()
```

executed in 20ms, finished 21:52:56 2019-10-11

|       | coef      | std err  | t      | P> t  | [0.025    | 0.975]   |
|-------|-----------|----------|--------|-------|-----------|----------|
| const | 5.011e+04 | 6647.870 | 7.537  | 0.000 | 3.67e+04  | 6.35e+04 |
| x1    | 220.1585  | 2900.536 | 0.076  | 0.940 | -5621.821 | 6062.138 |
| x2    | 0.8060    | 0.046    | 17.606 | 0.000 | 0.714     | 0.898    |
| x3    | -0.0270   | 0.052    | -0.523 | 0.604 | -0.131    | 0.077    |
| x4    | 0.0270    | 0.017    | 1.592  | 0.118 | -0.007    | 0.061    |

```

X_opt = X[:, [0, 3, 4, 5]]
regressor_OLS = sm.OLS(endog = y, exog = X_opt).fit()
regressor_OLS.summary()

```

executed in 19ms, finished 21:53:11 2019-10-11

|       | coef      | std err  | t      | P> t  | [0.025   | 0.975]   |
|-------|-----------|----------|--------|-------|----------|----------|
| const | 5.012e+04 | 6572.353 | 7.626  | 0.000 | 3.69e+04 | 6.34e+04 |
| x1    | 0.8057    | 0.045    | 17.846 | 0.000 | 0.715    | 0.897    |
| x2    | -0.0268   | 0.051    | -0.526 | 0.602 | -0.130   | 0.076    |
| x3    | 0.0272    | 0.016    | 1.655  | 0.105 | -0.006   | 0.060    |

```

X_opt = X[:, [0, 3, 5]]
regressor_OLS = sm.OLS(endog = y, exog = X_opt).fit()
regressor_OLS.summary()

```

executed in 20ms, finished 21:53:30 2019-10-11

|       | coef      | std err  | t      | P> t  | [0.025   | 0.975]   |
|-------|-----------|----------|--------|-------|----------|----------|
| const | 4.698e+04 | 2689.933 | 17.464 | 0.000 | 4.16e+04 | 5.24e+04 |
| x1    | 0.7966    | 0.041    | 19.266 | 0.000 | 0.713    | 0.880    |
| x2    | 0.0299    | 0.016    | 1.927  | 0.060 | -0.001   | 0.061    |

```

X_opt = X[:, [0, 3]]
regressor_OLS = sm.OLS(endog = y, exog = X_opt).fit()
regressor_OLS.summary()

```

executed in 18ms, finished 21:53:49 2019-10-11

|                          |                  |                            |          |
|--------------------------|------------------|----------------------------|----------|
| <b>Dep. Variable:</b>    | y                | <b>R-squared:</b>          | 0.947    |
| <b>Model:</b>            | OLS              | <b>Adj. R-squared:</b>     | 0.945    |
| <b>Method:</b>           | Least Squares    | <b>F-statistic:</b>        | 849.8    |
| <b>Date:</b>             | Fri, 11 Oct 2019 | <b>Prob (F-statistic):</b> | 3.50e-32 |
| <b>Time:</b>             | 21:53:49         | <b>Log-Likelihood:</b>     | -527.44  |
| <b>No. Observations:</b> | 50               | <b>AIC:</b>                | 1059.    |
| <b>Df Residuals:</b>     | 48               | <b>BIC:</b>                | 1063.    |
| <b>Df Model:</b>         | 1                |                            |          |
| <b>Covariance Type:</b>  | nonrobust        |                            |          |

|       | coef      | std err  | t      | P> t  | [0.025   | 0.975]   |
|-------|-----------|----------|--------|-------|----------|----------|
| const | 4.903e+04 | 2537.897 | 19.320 | 0.000 | 4.39e+04 | 5.41e+04 |
| x1    | 0.8543    | 0.029    | 29.151 | 0.000 | 0.795    | 0.913    |

|                       |        |                          |          |
|-----------------------|--------|--------------------------|----------|
| <b>Omnibus:</b>       | 13.727 | <b>Durbin-Watson:</b>    | 1.116    |
| <b>Prob(Omnibus):</b> | 0.001  | <b>Jarque-Bera (JB):</b> | 18.536   |
| <b>Skew:</b>          | -0.911 | <b>Prob(JB):</b>         | 9.44e-05 |
| <b>Kurtosis:</b>      | 5.361  | <b>Cond. No.</b>         | 1.65e+05 |

Рисунок 7.2 – Оптимизация модели многомерной регрессии

Выполните индивидуальное задание.

### 3.2 Индивидуальное задание

1. Подберите набор данных на ресурсах [5-7] и согласуйте свой выбор с преподавателем. Студент может предложить синтезированный набор данных.
2. Постройте модель многомерной регрессии с использованием стратегии backward elimination.

## 4. Содержание отчета и его форма

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Номер и название лабораторной работы; задачи лабораторной работы.
2. Реализация каждого пункта подраздела «Индивидуальное задание» с приведением исходного кода программы, диаграмм и графиков для визуализации данных.
3. Ответы на контрольные вопросы.
4. Экранные формы (консольный вывод) и листинг программного кода с комментариями, показывающие порядок выполнения лабораторной работы, и результаты, полученные в ходе её выполнения.

Отчет о выполнении лабораторной работы подписывается студентом и сдается преподавателю.

## 5. Контрольные вопросы

1. Почему при реализации многомерной линейной регрессии необходимо добавить фиктивный признак с единственным значением 1.0?.
2. Что такое фиктивная переменная? Поясните причину удаления одной фиктивной переменной, возникающей при перекодировке категориального признака.
3. На основе какого критерия можно выбирать удаляемый признак в алгоритме back elimination.
4. В чем заключается алгоритм all-in regression?
5. В чем заключается алгоритм forward selection regression?

6. В чем заключается алгоритм Bidirectional Elimination?

7. Стратегия Backward Elimination предполагает удаление признаков на основе анализа  $p$ -критерия. Как реализовать удаление признаков в автоматическом режиме?

## **9. Список литературы**

Для выполнения лабораторной работы, при подготовке к защите, а также для ответа на контрольные вопросы рекомендуется использовать следующие источники: [1, 2, 5-7].

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 8. ПОЛИНОМИАЛЬНАЯ РЕГРЕССИЯ**

### **1. Цели и задачи**

Цель лабораторной работы: научиться применять разработанный пайплайн для тиражирования кода с целью решения задачи полиномиальной регрессии.

Основные задачи:

- получение навыков рефакторинга кода в проектах машинного обучения;
- изучение поведения модели полиномиальной регрессии при изменении степени полинома;
- исследование свойств набора данных в рамках задачи полиномиальной регрессии.

### **2. Теоретическое обоснование**

Линейная и параболическая модели являются частными случаями более сложной модели – полиномиальной. Построить модель регрессии – это значит найти параметры той функции, которая будет в ней фигурировать. Для линейной регрессии – два параметра: коэффициент и свободный член.

Полиномиальная регрессия может применяться в математической статистике при моделировании трендовых составляющих временных рядов. Временной ряд – это, по сути, ряд чисел, которые зависят от времени. Например, средние значения температуры воздуха по дням за прошедший год, или доход предприятия по месяцам. Порядок моделируемого полинома оценивается специальными методами, например, критерием серий. Цель построения модели полиномиальной регрессии в области временных рядов всё та же – прогнозирование.

### 3. Методика и порядок выполнения работы

Перед выполнением индивидуального задания рекомендуется выполнить все пункты учебной задачи.

#### 3.1 Учебная задача

**Задание.** На основе разработанного пайплайна для линейной одномерной регрессии разработать полиномиальную модель регрессии.

**Решение.** Для разработки модели необходимо реализовать следующий код:

##### 1.1 Подключение библиотек

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
```

executed in 510ms, finished 22:35:43 2019-10-11

##### 1.2 Загрузка данных и разделение на матрицу признаков и зависимую переменную

```
dataset = pd.read_csv('Position_Salaries.csv')
dataset.head()
```

executed in 23ms, finished 22:35:54 2019-10-11

|   | Position          | Level | Salary |
|---|-------------------|-------|--------|
| 0 | Business Analyst  | 1     | 45000  |
| 1 | Junior Consultant | 2     | 50000  |
| 2 | Senior Consultant | 3     | 60000  |
| 3 | Manager           | 4     | 80000  |
| 4 | Country Manager   | 5     | 110000 |

##### 1.6 Обучение модели

###### 1.6.1 Обучение линейной модели

```
from sklearn.linear_model import LinearRegression
lin_reg = LinearRegression()
lin_reg.fit(X, y)
```

executed in 884ms, finished 22:38:01 2019-10-11

LinearRegression(copy\_X=True, fit\_intercept=True, n\_jobs=None, normalize=False)

###### 1.6.2 Обучение полиномиальной модели

```
from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
poly_reg = PolynomialFeatures(degree = 10)
X_poly = poly_reg.fit_transform(X)
poly_reg.fit(X_poly, y)
lin_reg_2 = LinearRegression()
lin_reg_2.fit(X_poly, y)
```

executed in 45ms, finished 22:59:17 2019-10-11

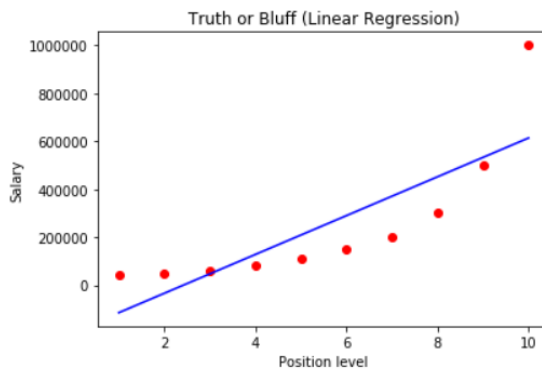
LinearRegression(copy\_X=True, fit\_intercept=True, n\_jobs=None, normalize=False)

## 1.7 Предсказание, обработка и визуализация результатов

```
y_pred_lin = lin_reg.predict([[6.5]])
y_pred_poly = lin_reg_2.predict(poly_reg.fit_transform([[6.5]]))
print(y_pred_lin, y_pred_poly)
plt.scatter(X, y, color = 'red')
plt.plot(X, lin_reg.predict(X), color = 'blue')
plt.title('Truth or Bluff (Linear Regression)')
plt.xlabel('Position level')
plt.ylabel('Salary')
plt.show()
```

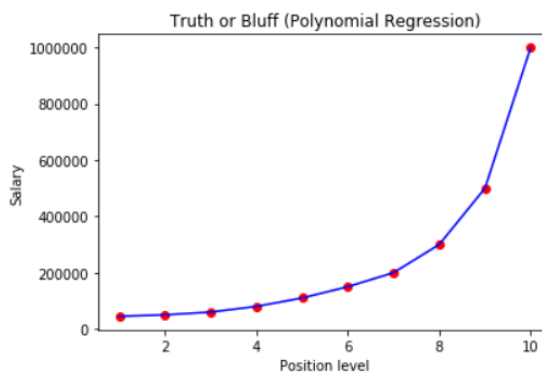
executed in 137ms, finished 22:53:36 2019-10-11

[330378.78787879] [176235.71632004]



```
plt.scatter(X, y, color = 'red')
plt.plot(X, lin_reg_2.predict(poly_reg.fit_transform(X)), color = 'blue')
plt.title('Truth or Bluff (Polynomial Regression)')
plt.xlabel('Position level')
plt.ylabel('Salary')
plt.show()
```

executed in 134ms, finished 22:59:21 2019-10-11



```
X_grid = np.arange(min(X), max(X), 0.1)
X_grid = X_grid.reshape((len(X_grid), 1))
plt.scatter(X, y, color = 'red')
plt.plot(X_grid, lin_reg_2.predict(poly_reg.fit_transform(X_grid)), color = 'blue')
plt.title('Truth or Bluff (Polynomial Regression)')
plt.xlabel('Position level')
plt.ylabel('Salary')
plt.show()
```

executed in 135ms, finished 22:59:24 2019-10-11

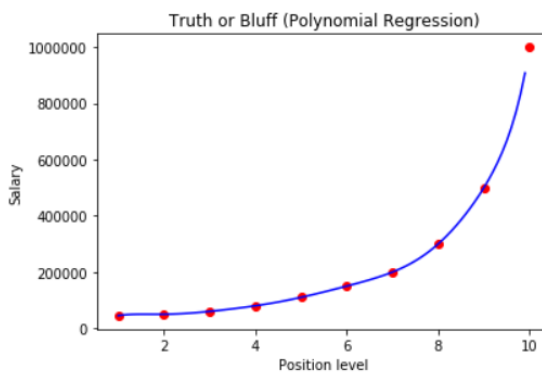


Рисунок 8.1 – Код Python для построения модели полиномиальной регрессии

Рассмотрим как изменяется модель при изменении степени аппроксимирующего полинома (рисунок 8.2).

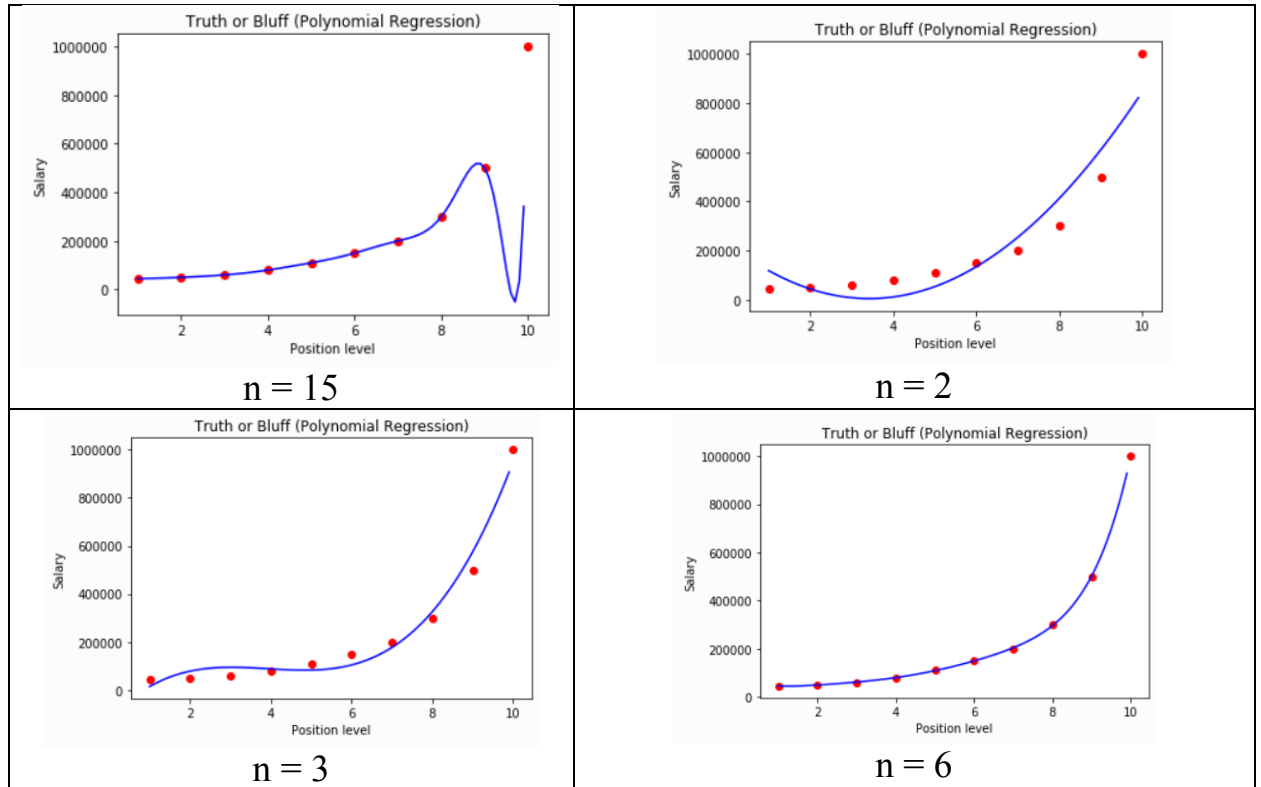


Рисунок 8.2 – Анализ модели полиномиальной регрессии

Очевидно, что при реализации полиномиальной регрессии нет необходимости в немотивированном увеличении степени аппроксимации. Выполните индивидуальное задание.

### 3.2 Индивидуальное задание

1. Подберите набор данных на ресурсах [5-7] и согласуйте свой выбор с преподавателем. Студент может предложить синтезированный набор данных.
2. Постройте модель полиномиальной регрессии с использованием. Проанализируйте кривые аппроксимации при различных степенях полинома.

#### **4. Содержание отчета и его форма**

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Номер и название лабораторной работы; задачи лабораторной работы.
2. Реализация каждого пункта подраздела «Индивидуальное задание» с приведением исходного кода программы, диаграмм и графиков для визуализации данных.
3. Ответы на контрольные вопросы.
4. Экранные формы (консольный вывод) и листинг программного кода с комментариями, показывающие порядок выполнения лабораторной работы, и результаты, полученные в ходе её выполнения.

Отчет о выполнении лабораторной работы подписывается студентом и сдается преподавателю.

#### **5. Контрольные вопросы**

1. Почему при реализации многомерной линейной регрессии необходимо добавить фиктивный признак с единственным значением 1.0?
2. Что такое фиктивная переменная? Поясните причину удаления одной фиктивной переменной, возникающей при перекодировке категориального признака.
3. С использованием какого класса создается модель полиномиальной регрессии?
4. Поясните принцип преобразования признаков при построении полиномиальной регрессии.
5. Возможно ли применение технологий масштабирования признаков при реализации полиномиальной регрессии?

## **6. Список литературы**

Для выполнения лабораторной работы, при подготовке к защите, а также для ответа на контрольные вопросы рекомендуется использовать следующие источники: [1, 2, 5-7].

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 9. КЛАСТЕРИЗАЦИЯ

### 1. Цели и задачи

Цель лабораторной работы: научиться производить кластерный анализ данных на основе метода K-средних.

Основные задачи:

- получение навыков рефакторинга кода в проектах машинного обучения;
- изучение принципов определения оптимального количества кластеров в методах кластерного анализа;
- изучение возможностей языка Python для реализации кластерного анализа.

### 2. Теоретическое обоснование

Кластеризация – это разбиение множества объектов на подмножества (кластеры) по заданному критерию. Каждый кластер включает максимально схожие между собой объекты. Представим переезд: нужно разложить по коробкам вещи по категориям (кластерам) – например одежда, посуда, декор, канцелярия, книги. Так удобнее перевозить и раскладывать предметы в новом жилье. Процесс сбора вещей по коробкам и будет кластеризацией. Критерии кластеризации определяет человек, а не алгоритм, – этим она отличается от классификации. Этот метод машинного обучения часто применяют в различных неструктурированных данных – например если нужно автоматически разбить коллекцию изображений на мини-группы по цветам.

Кластерный анализ применяют в разных сферах:

- в маркетинге – для сегментирования клиентов, конкурентов, исследования рынка;
- медицине – для кластеризации симптомов, заболеваний, препаратов;

- биологии – для классификации животных и растений;
- социологии – для разбиения респондентов на однородные группы;
- компьютерных науках – для группировки результатов при поиске сайтов, файлов и других объектов.

### 3. Методика и порядок выполнения работы

#### 3.1 Учебная задача

Задание. На основе предоставленного набора данных Mall\_customers.csv реализуйте модель кластеризации методом К-средних.

Подключаем библиотеки и загружаем имеющийся набор данных:

```

1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3 import pandas as pd

```

executed in 509ms, finished 17:57:47 2022-09-01

```

1 ## Загрузка данных
2 dataset = pd.read_csv('../datasets/LabWork9/Mall_Customers.csv')
3 dataset.head()

```

executed in 16ms, finished 18:06:44 2022-09-01

|   | CustomerID | Genre  | Age | Annual Income (k\$) | Spending Score (1-100) |
|---|------------|--------|-----|---------------------|------------------------|
| 0 | 1          | Male   | 19  | 15                  | 39                     |
| 1 | 2          | Male   | 21  | 15                  | 81                     |
| 2 | 3          | Female | 20  | 16                  | 6                      |
| 3 | 4          | Female | 23  | 16                  | 77                     |
| 4 | 5          | Female | 31  | 17                  | 40                     |

Рисунок 9.1 – Набор данных для задачи кластеризации

Исходный набор данных содержит сведения о посетителях торгового центра. В наборе присутствуют признаки, представленные в таблице 9.1.

| Признак набора данных | Описание                                                                                     |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| CustomerID            | Идентификатор клиента                                                                        |
| Genre                 | Пол                                                                                          |
| Age                   | Возраст                                                                                      |
| Annual Income         | Годовой доход                                                                                |
| Spending Score        | Баллы, присваиваемые клиенту специалистами по анализу данных торгового центра (от 1 до 100). |



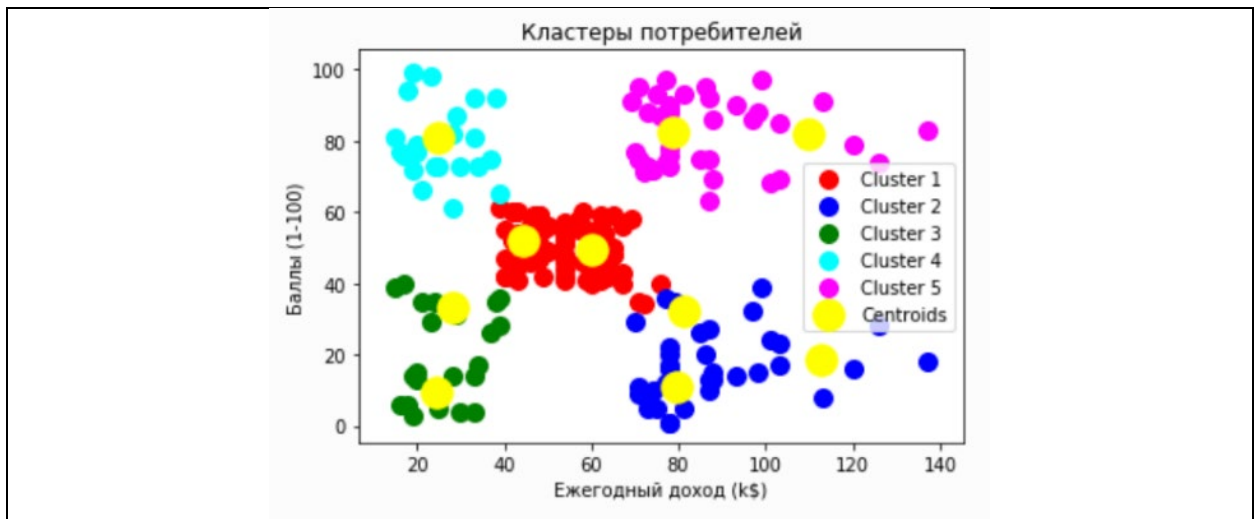


Рисунок 9.2 – Реализация метода кластеризации методом К-средних

### 3.2 Индивидуальное задание

1. Подберите набор данных на ресурсах [5-7] и согласуйте свой выбор с преподавателем. Студент может предложить синтезированный набор данных.
2. Постройте модель кластеризации (K-Means) с использованием. Проанализируйте кривые аппроксимации при различных степенях полинома.

## 4. Содержание отчета и его форма

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Номер и название лабораторной работы; задачи лабораторной работы.
2. Реализация каждого пункта подраздела «Индивидуальное задание» с приведением исходного кода программы, диаграмм и графиков для визуализации данных.
3. Ответы на контрольные вопросы.
4. Экранные формы (консольный вывод) и листинг программного кода с комментариями, показывающие порядок выполнения лабораторной работы, и результаты, полученные в ходе её выполнения.

Отчет о выполнении лабораторной работы подписывается студентом и сдается преподавателю.

## **5. Контрольные вопросы**

1. Что такое кластерный анализ?
2. Перечислите известные методы кластерного анализа.
3. Перечислите классы и функции Python, которые задействованы при реализации кластерного анализа.
4. Опишите принцип определения оптимального количества кластеров.
5. Опишите принципиальные отличия методов регрессии, кластеризации и классификации.

## **6. Список литературы**

Для выполнения лабораторной работы, при подготовке к защите, а также для ответа на контрольные вопросы рекомендуется использовать следующие источники: [1, 2, 5-7].

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 10. СНИЖЕНИЕ РАЗМЕРНОСТИ**

### **1. Цели и задачи**

Цель лабораторной работы: научиться использовать обучаемые алгоритмы снижения размерности.

Основные задачи:

- получение навыков рефакторинга кода в проектах машинного обучения;
- получение навыков по использованию обучаемых алгоритмов снижения размерности;
- получение навыков по аргументированному выбору и анализу алгоритмов снижения размерности.

### **2. Теоретическое обоснование**

#### **2.1 Необходимость снижения размерности**

Считается, что модель стоит обучать на как можно большем объеме разнообразных данных. Но иногда, если информации становится слишком много, она тормозит или останавливает процесс обучения. Чтобы модель работала нормально, нужно уменьшить количество признаков, выбрав самые эффективные. Для этого применяют методы снижения размерности.

Уменьшение размерности данных – это подход упрощения сложных наборов данных для облегчения их обработки. По мере того как данные растут и становятся более сложными, извлекать информацию становится все труднее, а визуализация становится более накладной. Методы уменьшения размерности данных решают эту проблему, предоставляя меньшее количество измерений (столбцов) при сохранении наиболее важной информации. Мы можем потерять некоторые детали, но получить более простое представление данных, которое легче обрабатывать и сравнивать.

Уменьшение размерности широко используется в области машинного обучения и анализа данных. Его цель состоит в том, чтобы упростить обработку данных за счет уменьшения количества объектов в наборе при сохранении ключевой информации. Когда мы сталкиваемся с данными большой размерности, ее уменьшение может помочь нам снизить вычислительную сложность, повысить производительность и результативность модели.

## 2.2 Термин «проклятие размерности»

Обучая модели, нужно предоставить им на входе переменные (например, цвет и стоимость товара). Их количество называют размерностью.

Термин «проклятие размерности» в 1961 году ввел американский математик Ричард Беллман. Он описал трудности при обработке датасетов с большим количеством параметров: возрастающую сложность вычислений, необходимость большого объема памяти для хранения датасетов, рост шума и проблему переобучения искусственных нейронных сетей.

Беллман объяснил рост размерности системы на примере единичного интервала  $[0,1]$ . 100 точек способны заполнить этот интервал при частоте от 0,01. Но если мы создадим модель 10-мерного куба – нам потребуется уже  $10^{20}$  точек, то есть в  $10^{18}$  раз больше. Беллман видел решение этой проблемы в снижении размерности пространства и переносе данных на пространства с меньшей размерностью.

При кластеризации большое количество переменных приводит к тому, что точки данных выглядят равноудаленными друг от друга. Это еще одно негативное следствие проклятия размерности.

Снижение размерности – это метод подготовки данных перед обучением модели. Оно может быть выполнено после очистки и масштабирования данных. Модель, обученная на данных с широким набором признаков, подвергается риску переобучения. Это приводит к снижению точности.

Борьба с переобучением – основная цель уменьшения размерности. Чем меньше предположений делает модель, тем она проще.

### 2.3 Методы снижения размерности

Для снижения размерности используют **методы выбора и проектирования переменных**. Выбор переменных – это самый простой способ уменьшения размерности. Проектирование – создание новых переменных на основе существующих путем их преобразования.

Например, нам нужна модель, которая прогнозирует средний чек. У нас есть массив данных, который подробно описывает каждого покупателя. Столбец с цветом глаз не помог бы предсказать чек. В отличие от информации о доходе покупателей.

**Метод порога отклонения (Variance Threshold)** – простой способ выбора переменных. Он отбрасывает все признаки, в которых дисперсия не превышает заданного порогового значения. Порог выбирается с учетом данных. Маленькая дисперсия часто встречается у признаков, в которых значение многих строк совпадает (например, признак «миллиардер», скорее всего, будет бесполезен).

**Метод одномерного выбора признаков (Univariate Feature Selection)** применяет статистические тесты. Он называется одномерным, потому что анализирует переменные по очереди, сравнивая их с целевым показателем. Признаки, которые слабо коррелируют с ним, отбрасываются.

Самые распространенные методы проектирования переменных используют линейные преобразования. Например, **PCA (Principal Component Analysis)**. Его применяют для уменьшения размерности континуальных данных (температура, вес, уровень гемоглобина в крови). Он позволяет снизить потерю информации при уменьшении размерности. PCA применяется, если некоторые признаки коррелируют друг с другом. Он создает из них независимые линейные комбинации. Часто дисперсии получившихся признаков сильно отличаются. В таком случае признаки с

низкой дисперсией можно отбросить, потому что они менее информативны. Этот метод решает две задачи: создает более информативные признаки и уменьшает шум в данных.

**Факторный анализ (Factor analysis)**, как и PCA, создает новые признаки, комбинируя существующие. Его отличие в том, что ФА предполагает наличие реальных скрытых факторов, которые определяют наблюдаемые. Кроме того, он объясняет часть дисперсии наблюдаемых параметров ошибками измерения, а часть – реальной дисперсией скрытых факторов. Данные должны быть количественными, измеряться по интегральной шкале или шкале отношений. Категориальные данные (религия, место рождения, пол) не подходят для этого метода.

Например, когда человек выбирает мебель, его решение основано на ряде факторов: его возрасте, доходе, площади квартиры. Это скрытые факторы (их не знают владельцы магазина), и задача анализа — выявить их. Используйте этот метод, если считаете, что такие факторы существуют.

**LDA (Linear Discriminant Analysis)** используется для задач классификации. Этот метод часто применяют для уменьшения размерности при предварительной обработке данных. Цель – спроецировать набор данных на пространство меньшей размерности с хорошей разделимостью кластеров. Метод делает предположения о нормально распределенных классах и равных ковариациях классов. Его можно применять даже в случаях, когда классов больше двух.

Методы нелинейного преобразования используются, когда данные не лежат в линейном подпространстве. Если линейное подпространство трехмерного пространства можно представить как плоский лист бумаги, то примером нелинейного многообразия будет свернутый лист.

К нелинейным методам относится, например, **многомерное масштабирование (MDS)**, **изометрическое отображение объектов (Isomap)**, **локально-линейное вложение (LLE)**, **собственное отображение**

Гессе, t-SNE (стохастическое вложение соседей с t-распределением), UMAP (Uniform Manifold Approximation and Projection) и другие.

Популярный метод уменьшения размерности, который дает впечатляющие результаты, – автокодировщик. Это тип искусственной нейросети, который обучается копировать свои входные данные в выходные, имея уменьшенный, по сравнению с входным и выходным, промежуточный слой. Автокодировщик сжимает входные данные в значения весов промежуточного слоя, а затем реконструирует выходные данные из этих значений.

### 3. Методика и порядок выполнения работы

#### 3.1 Учебная задача

Задание. На основе предоставленного набора данных wineQualityReds.csv выполните снижение размерности. Исходный набор данных содержит сведения о различных марках вин. В наборе присутствуют признаки, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Признаки набора данных wineQualityReds.csv

| Признак набора данных | Описание                                                             |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------|
| fixed.acidity         | фиксированная кислотность (г/дм <sup>3</sup> )                       |
| volatile.acidity      | летучая кислотность (г /дм <sup>3</sup> )                            |
| citric.acid           | лимонная кислота (г /дм <sup>3</sup> )                               |
| residual.sugar        | остаточный сахар (г /дм <sup>3</sup> )                               |
| chlorides             | хлориды (г/дм <sup>3</sup> )                                         |
| free.sulfur.dioxide   | свободный диоксид серы (мг/дм <sup>3</sup> )                         |
| total.sulfur.dioxide  | общий диоксид серы (мг/дм <sup>3</sup> )                             |
| density               | плотность (г/см <sup>3</sup> )                                       |
| pH                    | pH                                                                   |
| sulphates             | сульфаты (г/дм <sup>3</sup> )                                        |
| alcohol               | спирт (% по объему) Выходная переменная (на основе сенсорных данных) |
| quality               | качество (оценка от 0 до 10)                                         |

Решение.

Различные методы понижения размерности представлены в листинге:

<https://github.com/enikolaev/MMO/blob/main/Lesson%2010.%20Dimensionality%20Reduction/LabWork10.ipynb>

### 3.2 Индивидуальное задание

1. Подберите набор данных на ресурсах [5-7] и согласуйте свой выбор с преподавателем. Студент может предложить синтезированный набор данных.
2. Реализуйте процедуры понижения размерности с использованием согласованного набора данных.
3. Продемонстрируйте отличия в использовании многомерного набора данных при обучении модели и набора данных пониженной размерности. Например на задаче классификации.

## 4. Содержание отчета и его форма

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Номер и название лабораторной работы; задачи лабораторной работы.
2. Реализация каждого пункта подраздела «Индивидуальное задание» с приведением исходного кода программы, диаграмм и графиков для визуализации данных.
3. Ответы на контрольные вопросы.
4. Экранные формы (консольный вывод) и листинг программного кода с комментариями, показывающие порядок выполнения лабораторной работы, и результаты, полученные в ходе её выполнения.

Отчет о выполнении лабораторной работы подписывается студентом и сдается преподавателю.

## 5. Контрольные вопросы

1. Что такое проклятие размерности?
2. Перечислите основные алгоритмы понижения размерности.

3. Опишите алгоритм и основную идею метода PCA.
4. Опишите концепцию метода t-SNE.

## **6. Список литературы**

Для выполнения лабораторной работы, при подготовке к защите, а также для ответа на контрольные вопросы рекомендуется использовать следующие источники: [1, 2, 5-7].

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 11. АНАЛИЗ МНОГОМЕРНЫХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ РАЗМЕРНОСТИ**

### **1. Цели и задачи**

Цель лабораторной работы: научиться применять обучаемые алгоритмы снижения размерности для визуализации наборов данных с большой размерности.

Основные задачи:

- получение навыков рефакторинга кода в проектах машинного обучения;
- получение навыков по использованию обучаемых алгоритмов снижения размерности;
- получение навыков по аргументированному выбору и анализу алгоритмов снижения размерности.

### **2. Теоретическое обоснование**

Необходимо повторить теоретический материал работы 10.

### **3. Методика и порядок выполнения работы**

#### **3.1 Учебная задача**

Задание. На основе предоставленного набора данных Fashion-MNIST выполните снижение размерности. Исходный набор данных содержит изображения размером 28x28. Для понимания структуры данных, понимания возможности их использования для решения задач кластеризации, классификации, необходимо выполнить визуализацию данных изображений с отображения расстояния между отдельными экземплярами.

Решение.

Применение метода PCA представлено по ссылке:

<https://github.com/enikolaev/MMO/blob/main/Lesson%2011.%20Dimensionality%20Reduction%20for%20Complex%20data%20visualization/LabWork11.ipynb>

### 3.2 Индивидуальное задание

1. Реализуйте по аналогии с учебной задачей визуализацию набора данных Fashion-MNIST с использованием методов снижения размерности: ICA, TruncatedSVD, MDS, t-SNE, UMAP.

2. Подберите набор данных на ресурсах [5-7] и согласуйте свой выбор с преподавателем. Необходимо, чтобы набор данных содержал изображения. Не рекомендуется выбирать MNIST или Fashion-MNIST.

3. Реализовать визуализацию выбранного набора данных с использованием нескольких методов снижения размерности: ICA, TruncatedSVD, MDS, t-SNE, UMAP.

4. Выполните сравнение используемых методов снижения размерности. Проанализируйте, какие метрики качества можно использовать, чтобы сравнить рассмотренные методы. Каким образом можно сделать вывод, что один метод лучше другого?

## 4. Содержание отчета и его форма

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Номер и название лабораторной работы; задачи лабораторной работы.
2. Реализация каждого пункта подраздела «Индивидуальное задание» с приведением исходного кода программы, диаграмм и графиков для визуализации данных.
3. Ответы на контрольные вопросы.

4. Экранные формы (консольный вывод) и листинг программного кода с комментариями, показывающие порядок выполнения лабораторной работы, и результаты, полученные в ходе её выполнения.

Отчет о выполнении лабораторной работы подписывается студентом и сдается преподавателю.

### **5. Контрольные вопросы**

1. Что такое проклятие размерности?
2. Перечислите основные алгоритмы понижения размерности.
3. Опишите алгоритм и основную идею метода PCA.
4. Опишите концепцию метода t-SNE.
5. Существует ли предел снижения размерности?

### **6. Список литературы**

Для выполнения лабораторной работы, при подготовке к защите, а также для ответа на контрольные вопросы рекомендуется использовать следующие источники: [1, 2, 5-7].

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 12. МНОГОСЛОЙНАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ

### 1. Цели и задачи

Цель лабораторной работы: научиться применять простейшую модель искусственной нейронной сети для решения задачи классификации.

Основные задачи:

- научиться использовать возможности стандартной библиотеки для построения искусственной нейронной сети;
- исследование процесса обучения искусственной нейронной сети;
- получение навыков работы с параметрами и гиперпараметрами искусственной нейронной сети;
- решение задачи классификации данных с использованием искусственной нейронной сети.

### 2. Теоретическое обоснование

Многослойный персептрон (Multi-Layered Perseptron, MLP) – это тип искусственной нейронной сети, состоящей из нескольких слоев взаимосвязанных искусственных нейронов (рисунок 12.1).

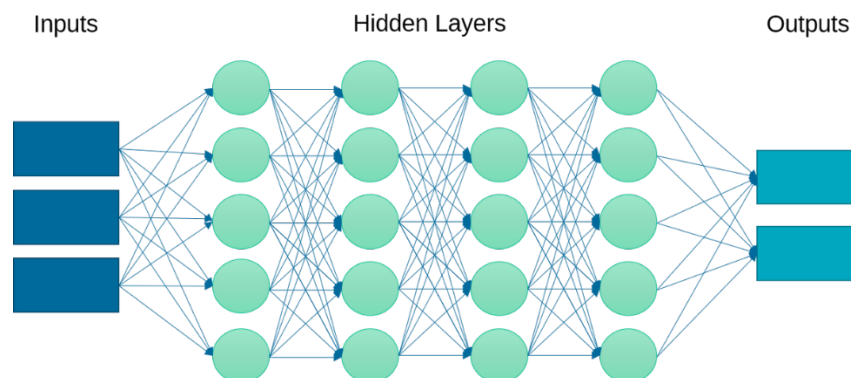


Рисунок 12.1 – Схема многослойного персептрона

Это нейронная сеть с прямой связью, что означает, что информация течет только в одном направлении от входа к выходу, без петель. Входной

слой MLP состоит из нейронов, которые представляют входные данные, а выходной слой состоит из нейронов, которые производят окончательный прогноз. Между входным и выходным слоями есть один или несколько скрытых слоев, выполняющих промежуточные вычисления над входными данными. Каждый нейрон в MLP получает входные данные от предыдущего слоя, применяет нелинейную функцию активации к взвешенной сумме этих входных данных, и создает один вывод, который передается на следующий уровень (рисунок 12.2).

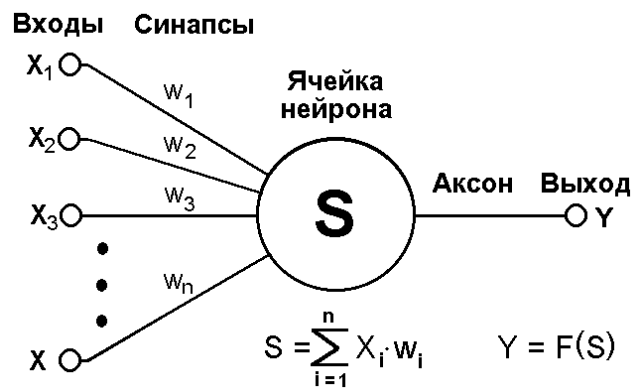


Рисунок 12.2 – Схема нейрона искусственной нейронной сети

На рисунке 12.3 показана схема биологической нервной клетки.

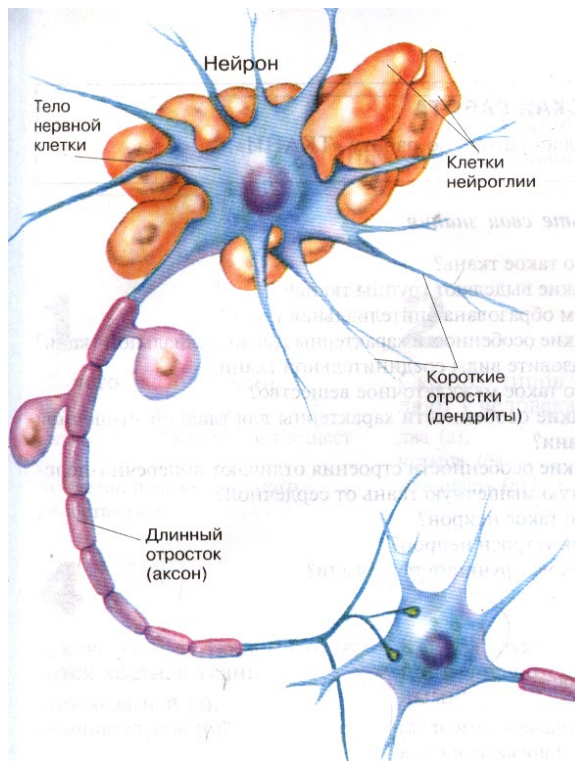


Рисунок 12.3 – Схема биологической нервной клетки

MLP обычно используются для контролируемых задач обучения, таких как классификация и регрессия, где цель состоит в том, чтобы предсказать целевую переменную на основе входных признаков. Их также можно использовать для неконтролируемых задач обучения, таких как уменьшение размерности, где цель состоит в том, чтобы изучить низкоразмерное представление данных.

### **3. Методика и порядок выполнения работы**

#### **3.1 Учебная задача**

**Задание.** Для синтетического набора данных реализовать решение задачи классификации с использованием нейросетевой модели библиотеки `scikit-learn`.

**Решение.**

Применение `MLPClassifier` библиотеки `scikit-learn` представлено по ссылке:

<https://github.com/enikolaev/MMO/blob/main/Lesson%2012.%20MLP/LabWork12.ipynb>

#### **3.2 Индивидуальное задание**

1. Реализуйте обучение моделей для синтетических наборов данных различной природы (`make_circles`, `make_moons` и прочие). Выполните визуализацию границ решения.

2. Реализуйте несколько моделей искусственных нейронных сетей с различными гиперпараметрами и архитектурами (Изменяйте количество слоев, количество нейронов в скрытых слоях). Сравните области решений обученных моделей.

3. Реализуйте обучение одной модели нейронной сети с использованием различных алгоритмов оптимизации. Сравните получившиеся области решения.

#### **4. Содержание отчета и его форма**

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Номер и название лабораторной работы; задачи лабораторной работы.
2. Реализация каждого пункта подраздела «Индивидуальное задание» с приведением исходного кода программы, диаграмм и графиков для визуализации данных.
3. Ответы на контрольные вопросы.
4. Экранные формы (консольный вывод) и листинг программного кода с комментариями, показывающие порядок выполнения лабораторной работы, и результаты, полученные в ходе её выполнения.

Отчет о выполнении лабораторной работы подписывается студентом и сдается преподавателю.

#### **5. Контрольные вопросы**

1. Опишите архитектуру многослойного персептрона.
2. Опишите структуру искусственного нейрона. Каким образом элементы данной структуры определяются в классе `MLPClassifier`?
3. С использованием какого параметра можно определить метод оптимизации в `MLPClassifier` и какие оптимизаторы можно использовать?
4. С использованием какого параметра можно определить функцию активации в `MLPClassifier` и какие функции можно использовать?
5. Опишите параметры и их назначение в методе `make_classification`, создающего синтетический набор данных.
6. Опишите параметры и их назначение при создании классификатора с использованием `MLPClassifier`.

## **6. Список литературы**

Для выполнения лабораторной работы, при подготовке к защите, а также для ответа на контрольные вопросы рекомендуется использовать следующие источники: [1, 2, 5-7].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Интерпретируемое машинное обучение» для студентов направления 09.03.02 «Информационные системы и технологии», 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника», 09.03.04 «Программная инженерия», 10.05.01 «Компьютерная безопасность», 10.03.01 «Информационная безопасность». Пособие охватывает теоретические аспекты построения информационных систем на основе методов машинного обучения, а также предлагает студентам практические рекомендации по разработке интеллектуальных систем. Основное внимание уделяется теории обучения машин (машинное обучение, machine learning).

В пособии рассмотрены практические аспекты проектирования и разработки информационных систем для решения различных задач с использованием следующих подходов: линейных методов классификации, алгоритмов восстановления регрессии, алгоритмов логической классификации, кластерного анализа.

Многие задачи, возникающие в практических приложениях, не могут быть решены заранее известными методами или алгоритмами. Это происходит по той причине, что нам заранее не известны механизмы порождения исходных данных или же известная нам информация недостаточна для построения модели источника, генерирующего поступающие к нам данные. Машинное обучение – чрезвычайно широкая и динамически развивающаяся область исследований, использующая огромное число теоретических и практических методов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Список основной литературы

1. Уэс, Маккинли. Python и анализ данных Электронный ресурс / Маккинли Уэс ; пер. А. А. Слинкин. - Python и анализ данных, 2026-04-19. - Саратов : Профобразование, 2017. - 482 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 978-5-4488-0046-7, экземпляров неограниченно.

2. Сузи, Р.А. Язык программирования Python Электронный ресурс : учебное пособие / Р.А. Сузи. - Язык программирования Python, 2020-07-28. - Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. - 350 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. - ISBN 5-9556-0058-2, экземпляров неограниченно

### Список дополнительной литературы

3. Стенли, Липпман. Язык программирования C++ Электронный ресурс : Полное руководство / Липпман Стенли, Лажойе Жози ; пер. А. Слинкин. - Язык программирования C++, 2026-04-19. - Саратов : Профобразование, 2017. - 1104 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 978-5-4488-0136-5, экземпляров неограниченно

4. <https://github.com/enikolaev/MMO> – Репозиторий с примерами кода из лабораторных работ.

5. <https://archive.ics.uci.edu/ml/index.html> – Репозиторий наборов данных для машинного обучения (Центр машинного обучения и интеллектуальных систем).

6. <https://www.kaggle.com> – Портал и система проведения соревнований по проблемам анализа данных.

7. <https://www.mockaroo.com> – Сайт для генерации наборов данных.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

## **Методические указания**

по организации и проведению самостоятельной работы  
по дисциплине

**«Интерпретируемое машинное обучение»**

для студентов направления подготовки

**09.03.02 «Информационные системы и технологии»**

направленность (профиль)

**«Прикладное программирование в интеллектуальных информационных  
системах»**

Ставрополь, 2026

## 1. Общие положения

Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов (СРС) в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения.

К основным видам самостоятельной работы студентов относятся:

- формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);
- написание докладов;
- подготовка к семинарам, практическим и лабораторным работам, их оформление;
- составление аннотированного списка статей из соответствующих журналов по отраслям знаний (педагогических, психологических, методических и др.);
- выполнение учебно-исследовательских работ, проектная деятельность;
- подготовка практических разработок и рекомендаций по решению проблемной ситуации;
- выполнение домашних заданий в виде решения отдельных задач, проведения типовых расчетов, расчетно-компьютерных и индивидуальных работ по отдельным разделам содержания дисциплин и т.д.;
- компьютерный текущий самоконтроль и контроль успеваемости на базе электронных обучающих и аттестующих тестов;
- выполнение курсовых работ (проектов) в рамках дисциплин;
- выполнение выпускной квалификационной работы и др.

Методика организации самостоятельной работы студентов зависит от структуры, характера и особенностей изучаемой дисциплины, объема часов на ее изучение, вида заданий для самостоятельной работы студентов, индивидуальных качеств студентов и условий учебной деятельности.

Процесс организации самостоятельной работы студентов включает в себя следующие этапы:

- подготовительный (определение целей, составление программы, подготовка методического обеспечения, подготовка оборудования);
- основной (реализация программы, использование приемов поиска информации, усвоения, переработки, применения, передачи знаний, фиксирование результатов, самоорганизация процесса работы);
- заключительный (оценка значимости и анализ результатов, их систематизация, оценка эффективности программы и приемов работы, выводы о направлениях оптимизации труда).

Самостоятельная работа по дисциплине «Интерпретируемое машинное обучение» направлена на формирование следующих **компетенций**:

| Код, формулировка компетенции                                                                                                                                                       | Код, формулировка индикатора                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-9 Способен проводить научно-исследовательскую работу на основе анализа передового опыта в сферах проектирования и разработки информационных систем, в том числе интеллектуальных | ПК-9 <sub>ид-9.1</sub> – Проводит анализ отечественного и зарубежного опыта по тематике исследований                                                                  |
|                                                                                                                                                                                     | ПК-9 <sub>ид-9.2</sub> – Составляет обзоры, рефераты, отчеты, готовит научные публикации и доклады на научных конференциях и семинарах по тематике своих исследований |

|                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                 | ПК-9 <sub>ид-9.3</sub> – Реализует вычислительные эксперименты в рамках исследований с использованием передовых технологий и методик в области интеллектуальных информационных систем |
| ПК-4 Способен анализировать предметную область и обосновывать эффективность применения интеллектуальных моделей различного типа | ПК-4 <sub>ид-4.1</sub> – Демонстрирует знания в области теории функционирования обучаемых алгоритмов и интеллектуальных моделей                                                       |
|                                                                                                                                 | ПК-4 <sub>ид-4.2</sub> – Демонстрирует знание стандартов оценки качества систем искусственного интеллекта                                                                             |
|                                                                                                                                 | ПК-4 <sub>ид-4.3</sub> – Осуществляет обоснованный отбор моделей искусственного интеллекта для решения профессиональных задач                                                         |

## 2. Цель и задачи самостоятельной работы

Ведущая цель организации и осуществления СРС совпадает с целью обучения студента – формирование набора общенаучных, профессиональных и специальных компетенций будущего бакалавра по соответствующему направлению подготовки

При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности. Целью самостоятельной работы студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Задачами СРС являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на практических и лабораторных занятиях, при написании курсовых и выпускной квалификационной работ, для эффективной подготовки к итоговым зачетам и экзаменам.

### 3. Технологическая карта самостоятельной работы студента

| Коды реализуемых компетенций | Вид деятельности студентов                       | Средства и технологии оценки | Объем часов, в том числе (акад.) |                                    |       |
|------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-------|
|                              |                                                  |                              | СРС                              | Контактная работа с преподавателем | Всего |
| 7 семестр                    |                                                  |                              |                                  |                                    |       |
| ПК-9, ПК-4                   | Самостоятельное изучение литературы и источников | Собеседование                | 4                                | 2                                  | 6     |
| ПК-9, ПК-4                   | Подготовка к лабораторным занятиям               | Собеседование                | 50                               | 16                                 | 66    |
| Итого за 7 семестр           |                                                  |                              | 54                               | 18                                 | 72    |
| Итого                        |                                                  |                              | 54                               | 18                                 | 72    |

### 4. Порядок выполнения самостоятельной работы студентом

#### 4.1. Методические рекомендации по работе с учебной литературой

При работе с книгой необходимо подобрать литературу, научиться правильно ее читать, вести записи. Для подбора литературы в библиотеке используются алфавитный и систематический каталоги.

Важно помнить, что рациональные навыки работы с книгой - это всегда большая экономия времени и сил.

Правильный подбор учебников рекомендуется преподавателем, читающим лекционный курс. Необходимая литература может быть также указана в методических разработках по данному курсу.

Изучая материал по учебнику, следует переходить к следующему вопросу только после правильного уяснения предыдущего, описывая на бумаге все выкладки и вычисления (в том числе те, которые в учебнике опущены или на лекции даны для самостоятельного вывода).

При изучении любой дисциплины большую и важную роль играет самостоятельная индивидуальная работа.

Особое внимание следует обратить на определение основных понятий курса. Студент должен подробно разбирать примеры, которые поясняют такие определения, и уметь строить аналогичные примеры самостоятельно. Нужно добиваться точного представления о том, что изучаешь. Полезно составлять опорные конспекты. При изучении материала по учебнику полезно в тетради (на специально отведенных полях) дополнять конспект лекций. Там же следует отмечать вопросы, выделенные студентом для консультации с преподавателем.

Выводы, полученные в результате изучения, рекомендуется в конспекте выделять, чтобы они при перечитывании записей лучше запоминались.

Опыт показывает, что многим студентам помогает составление листа опорных сигналов, содержащего важнейшие и наиболее часто употребляемые формулы и понятия. Такой лист помогает запомнить формулы, основные положения лекции, а также может служить постоянным справочником для студента.

Чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации. От того на сколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия.

Выделяют **четыре основные установки в чтении научного текста**:

- информационно-поисковый (задача – найти, выделить искомую информацию)
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить как сами сведения излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений)
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему)
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

*Основные виды систематизированной записи прочитанного:*

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения;

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала;

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала;

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора;

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

*Методические рекомендации по составлению конспекта:*

1. Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта;
2. Выделите главное, составьте план;
3. Кратко сформулируйте основные положения текста, отметьте аргументацию автора;
4. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно.
5. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли.

В тексте конспекта желательно приводить не только тезисные положения, но и их доказательства. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы.

#### *4.2. Методические рекомендации по подготовке к практическим и лабораторным занятиям*

Для того чтобы практические и лабораторные занятия приносили максимальную пользу, необходимо помнить, что упражнение и решение задач проводятся по вычитанному на лекциях материалу и связаны, как правило, с детальным разбором отдельных вопросов лекционного курса. Следует подчеркнуть, что только после усвоения лекционного материала с определенной точки зрения (а именно с той, с которой он излагается на лекциях) он будет закрепляться на практических занятиях как в результате обсуждения и анализа лекционного материала, так и с помощью решения проблемных ситуаций, задач. При этих условиях студент не только хорошо усвоит материал, но и научится применять его на практике, а также получит дополнительный стимул (и это очень важно) для активной проработки лекции.

При самостоятельном решении задач нужно обосновывать каждый этап решения, исходя из теоретических положений курса. Если студент видит несколько путей решения проблемы (задачи), то нужно сравнить их и выбрать самый рациональный. Полезно до начала вычислений составить краткий план решения проблемы (задачи). Решение проблемных задач или примеров следует излагать подробно, вычисления располагать в строгом порядке, отделяя вспомогательные вычисления от основных. Решения при необходимости нужно сопровождать комментариями, схемами, чертежами и рисунками.

Следует помнить, что решение каждой учебной задачи должно доводиться до окончательного логического ответа, которого требует условие, и по возможности с выводом. Полученный ответ следует проверить способами, вытекающими из существа данной задачи. Полезно также (если возможно) решать несколькими способами и сравнить полученные результаты. Решение задач данного типа нужно продолжать до приобретения твердых навыков в их решении.

#### *4.3. Методические рекомендации по самопроверке знаний*

После изучения определенной темы по записям в конспекте и учебнику, а также решения достаточного количества соответствующих задач на практических занятиях и самостоятельно студенту рекомендуется, провести самопроверку усвоенных знаний, ответив на контрольные вопросы по изученной теме.

В случае необходимости нужно еще раз внимательно разобраться в материале.

Иногда недостаточность усвоения того или иного вопроса выясняется только при изучении дальнейшего материала. В этом случае надо вернуться назад и повторить плохо усвоенный материал. Важный критерий усвоения теоретического материала - умение решать задачи или пройти тестирование по пройденному материалу. Однако следует помнить, что правильное решение задачи может получиться в результате применения механически заученных формул без понимания сущности теоретических положений.

#### *4.4. Методические рекомендации по написанию научных текстов (докладов, докладов, эссе, научных статей и т.д.)*

Перед тем, как приступить к написанию научного текста, важно разобраться, какова истинная цель вашего научного текста - это поможет вам разумно распределить свои силы и время.

Во-первых, сначала нужно определиться с идеей научного текста, а для этого необходимо научиться либо относиться к разным явлениям и фактам несколько критически (своя идея – как иная точка зрения), либо научиться увлекаться какими-то известными идеями, которые нуждаются в доработке (идея – как оптимистическая позиция и направленность на дальнейшее совершенствование уже известного). Во-вторых, научиться организовывать свое время, ведь, как известно, свободное (от всяких глупостей) время –

важнейшее условие настоящего творчества, для него наконец-то появляется время. Иногда именно на организацию такого времени уходит немалая часть сил и талантов.

Писать следует ясно и понятно, стараясь основные положения формулировать четко и недвусмысленно (чтобы и самому понятно было), а также стремясь структурировать свой текст. Каждый раз надо представлять, что ваш текст будет кто-то читать и ему захочется сориентироваться в нем, быстро находить ответы на интересующие вопросы (заодно представьте себя на месте такого человека). Понятно, что работа, написанная «сплошным текстом» (без заголовков, без выделения крупным шрифтом наиболее важным мест и т. п.), у культурного читателя должна вызывать брезгливость и даже жалость к автору (исключения составляют некоторые древние тексты, когда и жанр был иной и к текстам относились иначе, да и самих текстов было гораздо меньше – не то, что в эпоху «информационного взрыва» и соответствующего «информационного мусора»).

Объем текста и различные оформительские требования во многом зависят от принятых в конкретном учебном заведении порядков.

Доклад – это самостоятельное исследование студентом определенной проблемы, комплекса взаимосвязанных вопросов.

Доклад не должна составляться из фрагментов статей, монографий, пособий. Кроме простого изложения фактов и цитат, в доклад е должно проявляться авторское видение проблемы и ее решения.

Рассмотрим основные этапы подготовки  
а студентом.

Выполнение доклада начинается с выбора темы.

Затем студент приходит на первую консультацию к руководителю, которая предусматривает:

- обсуждение цели и задач работы, основных моментов избранной темы;
- консультирование по вопросам подбора литературы;
- составление предварительного плана.

Следующим этапом является работа с литературой. Необходимая литература подбирается студентом самостоятельно.

После подбора литературы целесообразно сделать рабочий вариант плана работы. В нем нужно выделить основные вопросы темы и параграфы, раскрывающие их содержание.

Составленный список литературы и предварительный вариант плана уточняются, согласуются на очередной консультации с руководителем.

Затем начинается следующий этап работы – изучение литературы. Только внимательно читая и конспектируя литературу, можно разобраться в основных вопросах темы и подготовиться к самостоятельному (авторскому) изложению содержания доклада. Конспектируя первоисточники, необходимо отразить основную идею автора и его позицию по исследуемому вопросу, выявить проблемы и наметить задачи для дальнейшего изучения данных проблем.

Систематизация и анализ изученной литературы по проблеме исследования позволяют студенту написать работу.

Рабочий вариант текста доклада предоставляется руководителю на проверку. На основе рабочего варианта текста руководитель вместе со студентом обсуждает возможности доработки текста, его оформление. После доработки доклад сдается на кафедру для его оценивания руководителем.

*Требования к написанию доклада*

Написание 1 доклада является обязательным условием выполнения плана СРС по любой дисциплине профессионального цикла.

Тема доклада может быть выбрана студентом из предложенных в рабочей программе или фонде оценочных средств дисциплины, либо определена самостоятельно, исходя из интересов студента (в рамках изучаемой дисциплины). Выбранную тему необходимо согласовать с преподавателем.

Доклад должен быть написан научным языком.

Объем доклада должен составлять 20-25 стр.

*Структура доклада:*

- Введение (не более 3-4 страниц). Во введении необходимо обосновать выбор темы, ее актуальность, очертить область исследования, объект исследования, основные цели и задачи исследования.
- Основная часть состоит из 2-3 разделов. В них раскрывается суть исследуемой проблемы, проводится обзор мировой литературы и источников Интернет по предмету исследования, в котором дается характеристика степени разработанности проблемы и авторская аналитическая оценка основных теоретических подходов к ее решению. Изложение материала не должно ограничиваться лишь описательным подходом к раскрытию выбранной темы. Оно также должно содержать собственное видение рассматриваемой проблемы и изложение собственной точки зрения на возможные пути ее решения.
- Заключение (1-2 страницы). В заключении кратко излагаются достигнутые при изучении проблемы цели, перспективы развития исследуемого вопроса
- Список использованной литературы (не меньше 10 источников), в алфавитном порядке, оформленный в соответствии с принятыми правилами. В список использованной литературы рекомендуется включать работы отечественных и зарубежных авторов, в том числе статьи, опубликованные в научных журналах в течение последних 3-х лет и ссылки на ресурсы сети Интернет.
- Приложение (при необходимости).

*Требования к оформлению:*

- текст с одной стороны листа;
- шрифт Times New Roman;
- кегль шрифта 14;
- межстрочное расстояние 1,5;
- поля: сверху 2,5 см, снизу – 2,5 см, слева - 3 см, справа 1,5 см;
- доклад должен быть представлен в сброшюрованном виде.

*Порядок защиты доклада:*

Защита доклада проводится на практических занятиях, после окончания работы студента над ним и исправления всех недочетов, выявленных преподавателем в ходе консультаций. На защиту доклада отводится 5-7 минут времени, в ходе которого студент должен показать свободное владение материалом по заявленной теме. При защите доклада приветствуется использование мультимедиа-презентации.

*Оценка доклада*

Доклад оценивается по следующим критериям:

- соблюдение требований к его оформлению;
- необходимость и достаточность для раскрытия темы приведенной в тексте доклада информации;
- умение студента свободно излагать основные идеи, отраженные в докладе;
- способность студента понять суть задаваемых преподавателем и сокурсниками вопросов и сформулировать точные ответы на них.

*Критерии оценки:*

*Оценка «отлично»* выставляется студенту, если в докладе студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний; использует для написания доклада современные научные материалы; анализирует полученную информацию; проявляет самостоятельность при написании доклада.

*Оценка «хорошо»* выставляется студенту, если качество выполнения доклада достаточно высокое. Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопросы по теме доклада.

*Оценка «удовлетворительно»* выставляется студенту, если материал доклада излагается частично, но пробелы не носят существенного характера, студент допускает неточности и ошибки при защите доклада, дает недостаточно правильные формулировки, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении материала.

*Оценка «неудовлетворительно»* выставляется студенту, если он не подготовил доклад или допустил существенные ошибки. Студент неуверенно излагает материал доклада, не отвечает на вопросы преподавателя.

#### *4.5. Методические рекомендации по выполнению исследовательских проектов*

Исследовательская проектная работа – это групповая работа, для выполнения которой необходим выбор и приложение научной методики к поставленной задаче, получение собственного теоретического или экспериментального материала, на основании которого необходимо провести анализ и сделать выводы об исследуемом явлении. Выполнение проекта – это всегда коллективная, творческая практическая работа, предназначенная для получения определенного продукта или научно-технического результата. Такая работа подразумевает четкое, однозначное формирование поставленной задачи, определение сроков выполнения намеченного, определение требований к разрабатываемому объекту.

Выполнение 1 группового проекта является обязательным условием выполнения самостоятельной работы по любой дисциплине профессионального цикла. Тема проектного задания может быть выбрана студентом из предложенных в рабочей программе или фонде оценочных средств дисциплины, либо определена самостоятельно, исходя из интересов студента (в рамках изучаемой дисциплины). Выбранную тему необходимо согласовать с преподавателем.

##### *Требования по выполнению и оформлению проекта*

При выполнении проекта приветствуется работа в группе (2-3 человека). Проект – это исследовательская работа, в ходе которой студенты должны продемонстрировать владение навыками научного исследования, умения проводить анализ, обобщать информацию, делать выводы, предлагать свои решения проблемы, рассматриваемой в проекте.

При подготовке материалов проекта студенты должны продемонстрировать владение современными методами компьютерной обработки данных.

##### *Критерии оценки работы участника проекта.*

Для каждого из участников проекта оцениваются:

- профессиональные теоретические знания в соответствующей области;
- умение работать со справочной и научной литературой, осуществлять поиск необходимой информации в Интернет;
- умение работать с техническими средствами;
- умение пользоваться соответствующими выполняемому проекту информационными технологиями;
- умение готовить материалы проекта для презентации: составлять и редактировать тексты, формировать презентацию проекта;
- умение работать в команде;
- умение публично представлять результаты собственной деятельности;
- коммуникабельность, инициативность, творческие способности.

##### *Критерии выставления оценки участникам проекта*

| Оценка                | Профессиональные компетенции                                                                                                                                                                                       | Компетенции, связанные с использованием соответствующих выполняемому проекту технических средств и информационных технологий    | Иные универсальные компетенции (коммуникабельность, инициативность, умение работать в «команде», управленческие навыки и т.д.)                    | Отчетность                                                                   |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| «Отлично»             | Работа выполнена на высоком профессиональном уровне. Представленный материал в основном фактически верен, допускаются негрубые фактические неточности. Студент свободно отвечает на вопросы, связанные с проектом. | Технические средства и информационные технологии освоены и использованы для реализации проекта полностью                        | Студент проявил инициативу, творческий подход, способность к выполнению сложных заданий, навыки работы в коллективе, организационные способности. | Проект представлен полностью и в срок.                                       |
| «Хорошо»              | Работа выполнена на достаточно высоком профессиональном уровне. Допущено до 4–5 фактических ошибок. Студент отвечает на вопросы, связанные с проектом, но недостаточно полно.                                      | Обнаруживаются некоторые ошибки в использовании соответствующих технических средств и информационных технологий                 | Студент достаточно полно, но без инициативы и творческих находок выполнил возложенные на него задачи.                                             | Проект представлен достаточно полно и в срок, но с некоторыми недоработками. |
| «Удовлетворительно»   | Уровень недостаточно высок. Допущено до 8 фактических ошибок. Студент может ответить лишь на некоторые из заданных вопросов, связанных с проектом.                                                                 | Обнаруживает недостаточное владение навыками работы с техническими средствами и соответствующим и информационным и технологиями | Студент выполнил большую часть возложенной на него работы.                                                                                        | Проект сдан со значительным опозданием (более недели) и не полностью         |
| «Неудовлетворительно» | Работа не выполнена или выполнена на низком уровне. Допущено более 8 фактических ошибок. Ответы на связанные с проектом вопросы                                                                                    | Навыков работы с техническими средствами нет, информационные технологии не освоены                                              | Студент практически не работал, не выполнил свои задачи или выполнил лишь отдельные не существенные                                               | Проект не сдан.                                                              |

| Оценка | Профессиональные компетенции                                                   | Компетенции, связанные с использованием соответствующих выполняемому проекту технических средств и информационных технологий | Иные универсальные компетенции (коммуникабельность, инициативность, умение работать в «команде», управленческие навыки и т.д.) | Отчетность |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|        | обнаруживают непонимание предмета и отсутствие ориентации в материале проекта. |                                                                                                                              | поручения в групповом проекте.                                                                                                 |            |

*Студенты должны:* защитить проект в режиме презентации, предъявить файлы выполненного проекта, уметь рассказать о технологиях, использованных ими при выполнении проекта, дать оценку работы каждого члена группы (если проект групповой).

#### 4.6. Методические рекомендации по подготовке к экзаменам и зачетам

Изучение многих общепрофессиональных и специальных дисциплин завершается экзаменом. Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к экзамену, студент ликвидирует имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания. На экзамене студент демонстрирует то, что он приобрел в процессе обучения по конкретной учебной дисциплине.

Экзаменационная сессия - это серия экзаменов, установленных учебным планом. Между экзаменами интервал 3-4 дня. Не следует думать, что 3-4 дня достаточно для успешной подготовки к экзаменам.

В эти 3-4 дня нужно систематизировать уже имеющиеся знания. На консультации перед экзаменом студентов познакомят с основными требованиями, ответят на возникшие у них вопросы. Поэтому посещение консультаций обязательно.

Требования к организации подготовки к экзаменам те же, что и при занятиях в течение семестра, но соблюдаться они должны более строго. Во-первых, очень важно соблюдение режима дня; сон не менее 8 часов в сутки, занятия заканчиваются не позднее, чем за 2-3 часа до сна. Оптимальное время занятий - утренние и дневные часы. В перерывах между занятиями рекомендуются прогулки на свежем воздухе, неустойчивые занятия спортом. Во-вторых, наличие хороших собственных конспектов лекций. Даже в том случае, если была пропущена какая-либо лекция, необходимо во время ее восстановить (переписать ее на кафедре), обдумать, снять возникшие вопросы для того, чтобы запоминание материала было осознанным. В-третьих, при подготовке к экзаменам у студента должен быть хороший учебник или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра. Здесь можно эффективно использовать листы опорных сигналов.

Вначале следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения, используя при этом листы опорных сигналов.

Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний.

### **Контроль самостоятельной работы студентов**

Контроль самостоятельной работы проводится преподавателем в аудитории.

Предусмотрены следующие виды контроля: собеседование, оценка доклада, оценка презентации, оценка участия в круглом столе, оценка выполнения проекта.

Подробные критерии оценивания компетенций приведены в Фонде оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации.

### **Список литературы для выполнения СРС**

#### **Перечень основной литературы:**

1. Сузи, Р.А. Язык программирования Python Электронный ресурс : учебное пособие / Р.А. Сузи. - Язык программирования Python, 2020-07-28. - Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2020. - 350 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. - ISBN 5-9556-0058-2

2. Рашка Себастьян, Логунов А.В. Python и машинное обучение: крайне необходимое пособие по новейшей предсказательной аналитике, обязательное для более глубокого понимания методологии машинного обучения: Практическое пособие. – М: ДМК Пресс, 2020. ЭБС

#### **Перечень дополнительной литературы:**

1. Седжвик, Р. Алгоритмы на C++ / Р. Седжвик. - 2-е изд., испр. - Москва : Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2020. - 1773 с. : ил. - <http://biblioclub.ru/>. - Библиогр. в кн

2. Яхьяева, Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети: учебное пособие – М: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Вузовское образование, 2020. ЭБС

#### **Методическая литература:**

1. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Интерпретируемое машинное обучение»
2. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Интерпретируемое машинное обучение»

#### **Интернет-ресурсы:**

1. <http://el.ncfu.ru/> – система управления обучением ФГАОУ ВО СКФУ. Дистанционная поддержка дисциплины «Интерпретируемое машинное обучение».
2. <http://metanit.com> - сайт посвящен различным языкам и технологиям программирования, компьютерам, мобильным платформам и ИТ-технологиям.
3. <http://www.machinelearning.ru> – Профессиональный информационно-аналитический ресурс, посвященный машинному обучению, распознаванию образов и интеллектуальному анализу данных.