

Рубежный контроль №2, Грызин Алексей РТ5-61Б, Вариант №6

Методы построения моделей машинного обучения.

Импорт необходимых библиотек и загрузка набора данных

```
In [ ]: from io import StringIO
from IPython.display import Image
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.model_selection import GridSearchCV
from sklearn.tree import DecisionTreeRegressor
from sklearn.ensemble import GradientBoostingRegressor
from sklearn.tree import export_text, export_graphviz
from sklearn.metrics import mean_absolute_error, mean_squared_error, r2_score

import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
import pydotplus

df = pd.read_csv('data/Admission_Predict.csv')
```

Анализ датасета

The parameters included are :

- GRE Scores (out of 340)
- TOEFL Scores (out of 120)
- University Rating (out of 5)
- Statement of Purpose and Letter of Recommendation Strength (out of 5)
- Undergraduate GPA (out of 10)
- Research Experience (either 0 or 1)
- Chance of Admit (ranging from 0 to 1)

```
In [ ]: df.head()
```

```
Out [ ]:
```

	Serial No.	GRE Score	TOEFL Score	University Rating	SOP	LOR	CGPA	Research	Chance of Admit
0	1	337	118	4	4.5	4.5	9.65	1	0.92
1	2	324	107	4	4.0	4.5	8.87	1	0.76
2	3	316	104	3	3.0	3.5	8.00	1	0.72
3	4	322	110	3	3.5	2.5	8.67	1	0.80
4	5	314	103	2	2.0	3.0	8.21	0	0.65

```
In [ ]: df.describe()
```

```
Out [ ]:
```

	Serial No.	GRE Score	TOEFL Score	University Rating	SOP	LOR	Chance of Admit
count	400.000000	400.000000	400.000000	400.000000	400.000000	400.000000	400.000000
mean	200.500000	316.807500	107.410000	3.087500	3.400000	3.452500	8.598000
std	115.614301	11.473646	6.069514	1.143728	1.006869	0.898478	0.596000
min	1.000000	290.000000	92.000000	1.000000	1.000000	1.000000	6.800000
25%	100.750000	308.000000	103.000000	2.000000	2.500000	3.000000	8.170000
50%	200.500000	317.000000	107.000000	3.000000	3.500000	3.500000	8.610000
75%	300.250000	325.000000	112.000000	4.000000	4.000000	4.000000	9.062000
max	400.000000	340.000000	120.000000	5.000000	5.000000	5.000000	9.920000

```
In [ ]: df.info()
```

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 400 entries, 0 to 399
Data columns (total 9 columns):
 #   Column                Non-Null Count  Dtype
---  -
 0   Serial No.            400 non-null   int64
 1   GRE Score              400 non-null   int64
 2   TOEFL Score            400 non-null   int64
 3   University Rating      400 non-null   int64
 4   SOP                    400 non-null   float64
 5   LOR                    400 non-null   float64
 6   CGPA                   400 non-null   float64
 7   Research               400 non-null   int64
 8   Chance of Admit        400 non-null   float64
dtypes: float64(4), int64(5)
memory usage: 28.2 KB
```

```
In [ ]: df.isnull().sum()
```

```
Out [ ]:
```

Serial No.	0
GRE Score	0
TOEFL Score	0
University Rating	0
SOP	0
LOR	0
CGPA	0
Research	0
Chance of Admit	0

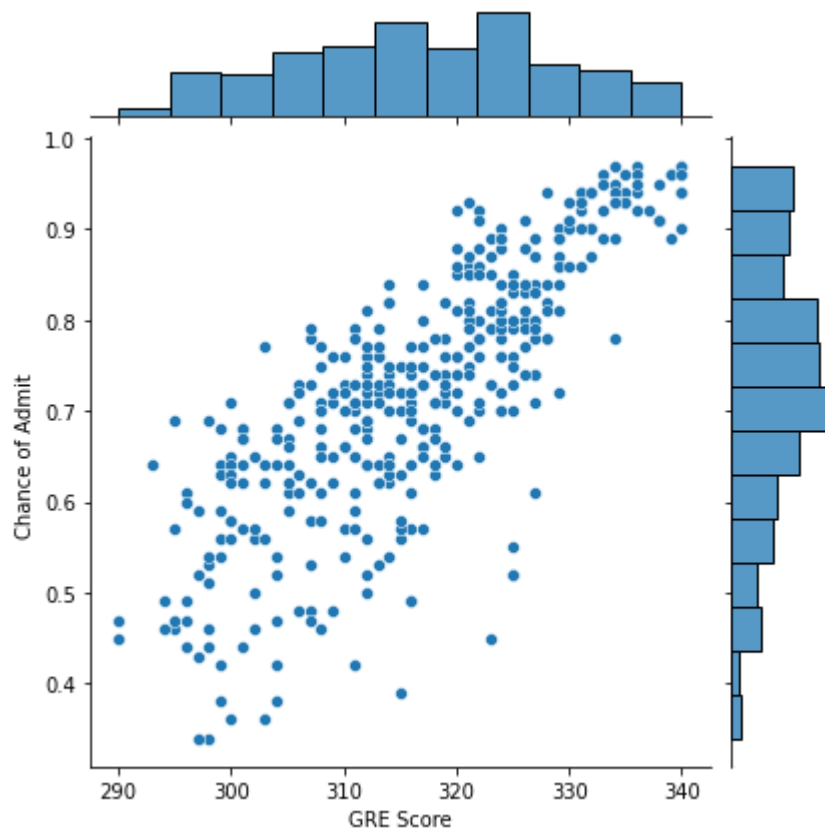
dtype: int64

Как видно, пропуски отсутствуют, а значит нет необходимости в удалении колонок или строк.

Диаграмма Jointplot

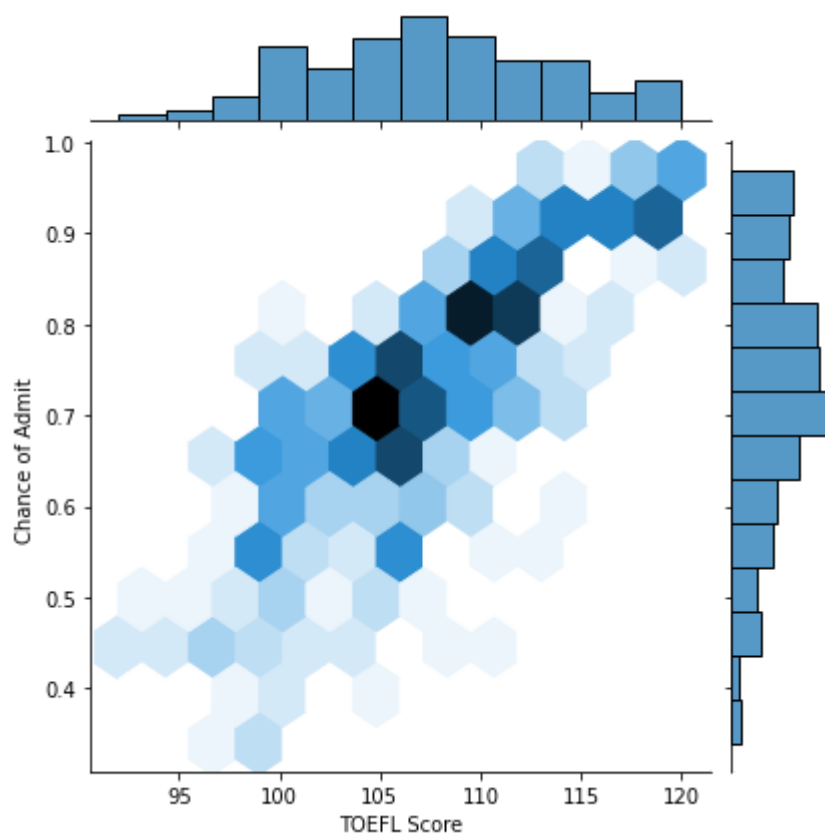
```
In [ ]: sns.jointplot(x="GRE Score", y="Chance of Admit ", data=df)
```

```
Out [ ]: <seaborn.axisgrid.JointGrid at 0x1794a6790>
```



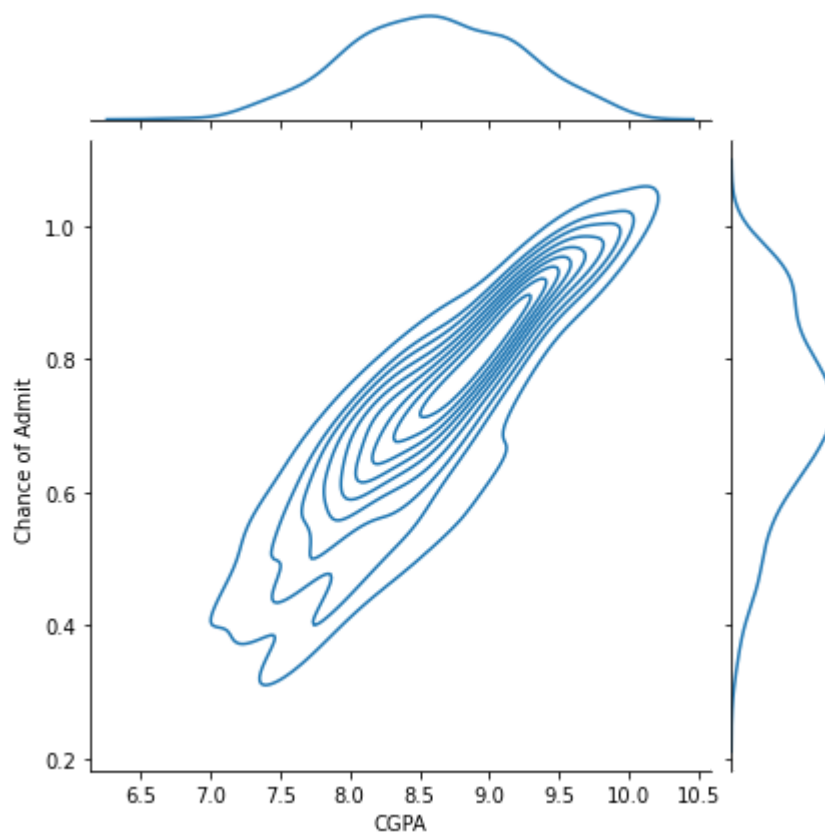
```
In [ ]: sns.jointplot(x="TOEFL Score", y="Chance of Admit ", data=df, kind='hex')
```

```
Out[ ]: <seaborn.axisgrid.JointGrid at 0x178f99100>
```



```
In [ ]: sns.jointplot(x="CGPA", y="Chance of Admit ", data=df, kind="kde")
```

```
Out[ ]: <seaborn.axisgrid.JointGrid at 0x1792094c0>
```

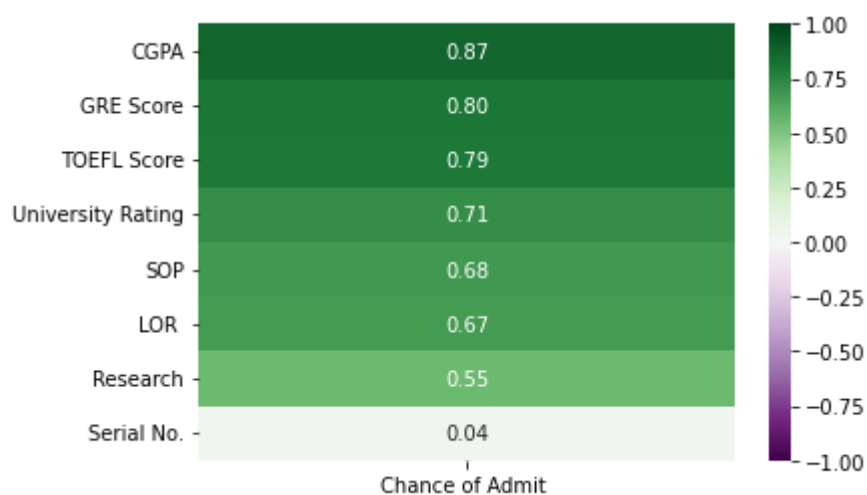


Корреляционный анализ

- В данном датасете целевым признаком является параметр "Chance of Admit". Рассмотрим, как остальные параметры с ним коррелируют.

```
In [ ]: chance_of_admit = pd.DataFrame(df.corr()["Chance of Admit"].sort_values(asc
sns.heatmap(chance_of_admit, annot=True, fmt='.2f', cmap=plt.cm.PRGn, vmin=
```

```
Out [ ]: <AxesSubplot:>
```



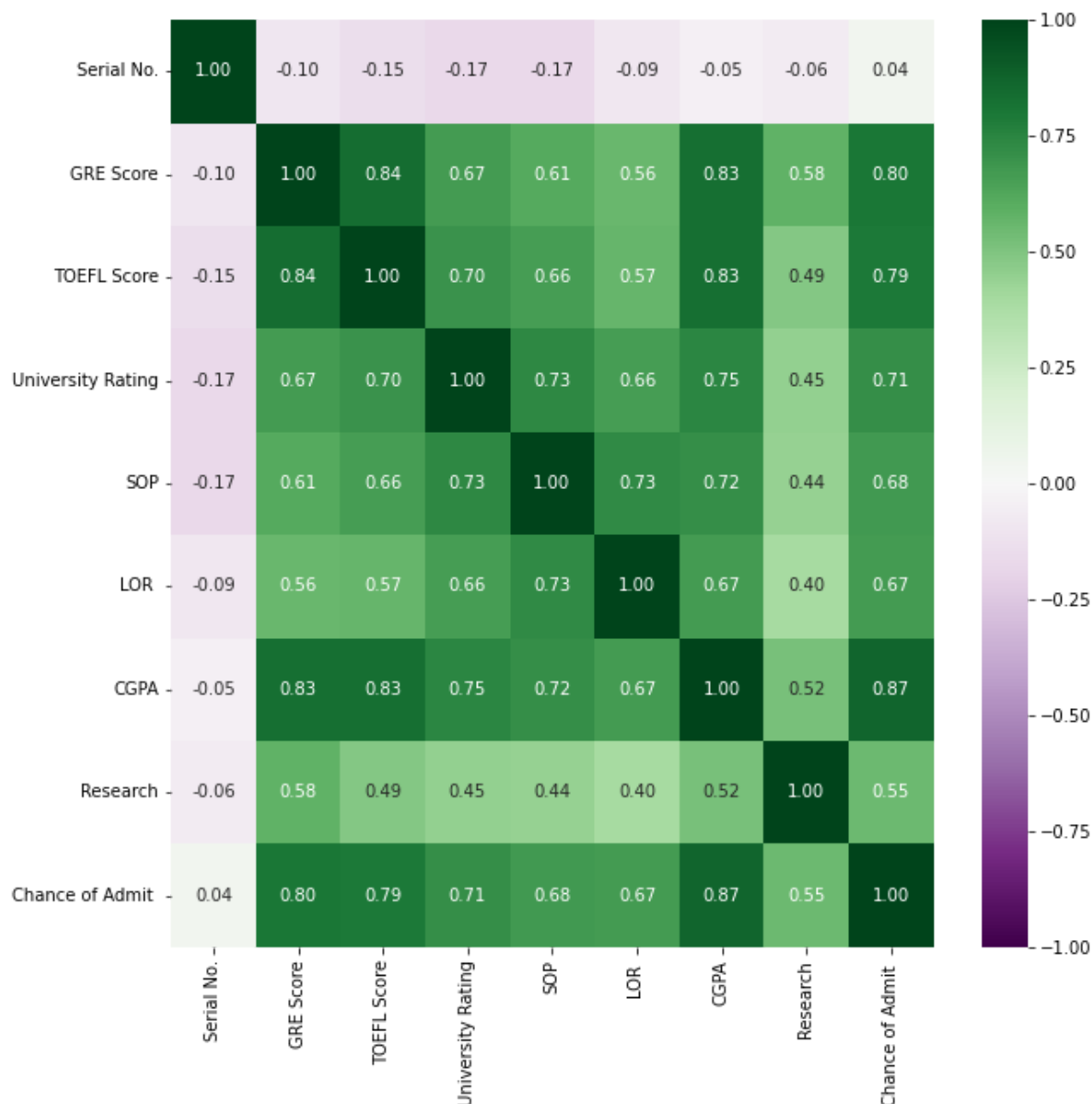
```
In [ ]: df.corr()
```

Out[]:

	Serial No.	GRE Score	TOEFL Score	University Rating	SOP	LOR	CGPA	R
Serial No.	1.000000	-0.097526	-0.147932	-0.169948	-0.166932	-0.088221	-0.045608	-0.063138
GRE Score	-0.097526	1.000000	0.835977	0.668976	0.612831	0.557555	0.833060	0.580391
TOEFL Score	-0.147932	0.835977	1.000000	0.695590	0.657981	0.567721	0.828417	0.489858
University Rating	-0.169948	0.668976	0.695590	1.000000	0.734523	0.660123	0.746479	0.447783
SOP	-0.166932	0.612831	0.657981	0.734523	1.000000	0.729593	0.718144	0.444029
LOR	-0.088221	0.557555	0.567721	0.660123	0.729593	1.000000	0.670211	0.396859
CGPA	-0.045608	0.833060	0.828417	0.746479	0.718144	0.670211	1.000000	0.521654
Research	-0.063138	0.580391	0.489858	0.447783	0.444029	0.396859	0.521654	1.000000
Chance of Admit	0.042336	0.802610	0.791594	0.711250	0.675732	0.669889	0.873289	0.802610

```
In [ ]: fig, ax = plt.subplots(1, 1, sharex='col', sharey='row', figsize=(10, 10))
sns.heatmap(df.corr(), annot=True, fmt='.2f', cmap=plt.cm.PRGN, vmin=-1, vm
```

```
Out[ ]: <AxesSubplot:>
```



Выше представлены матрица корреляций признаков между собой, а также матрица корреляции для целевого признака. Из этих матриц можно сделать следующие выводы:

- Значение параметра "Serial No" никак не коррелирует со всеми остальными параметрами. В дальнейшем этот столбец можно будет опустить.
- Целевой признак достаточно неплохо коррелирует (положительно) со всеми параметрами. Очень высокая положительная корреляция наблюдается с "CGPA", "GRE Score", "TOEFL Score".
- Также высокая корреляция наблюдается между парами этих параметров, а значит во избежании мультиколлинеарности необходимо выбрать один из этих признаков. Логичнее всего оставить "CGPA", т.к. с ним у целевого признака наблюдается наибольшая связь.

В результате корреляционного анализа было принято решение в моделях машинного обучения для прогноза целевого признака использовать параметры: "CGPA", "University Rating", "SOP", "LOR" и "Research".

```
In [ ]: # Удаление лишних колонок
df_corr = df.drop(columns=["Serial No.", "GRE Score", "TOEFL Score"])
df_corr.head()
```

```
Out [ ]:
```

	University Rating	SOP	LOR	CGPA	Research	Chance of Admit
0	4	4.5	4.5	9.65	1	0.92
1	4	4.0	4.5	8.87	1	0.76
2	3	3.0	3.5	8.00	1	0.72
3	3	3.5	2.5	8.67	1	0.80
4	2	2.0	3.0	8.21	0	0.65

```
In [ ]: # Масштабирование
scaler = MinMaxScaler()
scaled_features = scaler.fit_transform(X=df_corr.drop(columns=["Chance of Admit"]))

# Вставка отмасштабированных данных
df_scaled = pd.DataFrame(scaled_features, columns=df_corr.columns[:-1])
df_scaled.head()
```

```
Out [ ]:
```

	University Rating	SOP	LOR	CGPA	Research
0	0.75	0.875	0.875	0.913462	1.0
1	0.75	0.750	0.875	0.663462	1.0
2	0.50	0.500	0.625	0.384615	1.0
3	0.50	0.625	0.375	0.599359	1.0
4	0.25	0.250	0.500	0.451923	0.0

```
In [ ]: # Разбиение выборки на обучающую и тестовую
x = df_scaled
y = df_corr["Chance of Admit "]

x_train: pd.DataFrame
x_test: pd.DataFrame
y_train: pd.Series
y_test: pd.Series

x_train, x_test, y_train, y_test = train_test_split(x, y, test_size=0.2, ran
```

Дерево решений

```
In [ ]: # Гиперпараметры для оптимизации
parameters_to_tune = {
    "max_depth": np.arange(1, 5, 1, dtype=int),
    "min_samples_leaf": np.linspace(0.01, 0.1, 10),
    "max_features": [0.2, 0.4, 0.6, 0.8, "auto", "sqrt", "log2"],
}
```

```
In [ ]: %%time
# Оптимизация гиперпараметров
dtr_gs = GridSearchCV(DecisionTreeRegressor(criterion='absolute_error', random_state=42),
                       parameters_to_tune, cv=2, scoring='neg_mean_absolute_error')
dtr_gs.fit(x_train, y_train)
```

CPU times: user 1.2 s, sys: 7.18 ms, total: 1.21 s

Wall time: 1.21 s

```
Out[ ]: GridSearchCV(cv=2,
                    estimator=DecisionTreeRegressor(criterion='absolute_error',
                                                    random_state=8),
                    param_grid={'max_depth': array([1, 2, 3, 4]),
                                'max_features': [0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 'auto', 'sqrt',
                                                'log2'],
                                'min_samples_leaf': array([0.01, 0.02, 0.03, 0.04,
0.05, 0.06, 0.07, 0.08, 0.09, 0.1 ])}},
                    scoring='neg_mean_absolute_error')
```

```
In [ ]: # Лучшее значение параметров
dtr_gs.best_params_
```

```
Out[ ]: {'max_depth': 4,
         'max_features': 'auto',
         'min_samples_leaf': 0.030000000000000006}
```

```
In [ ]: # Лучшее значение метрики
-dtr_gs.best_score_
```

```
Out[ ]: 0.052312500000000005
```

```
In [ ]: # Обучение модели
dt_regressor = dtr_gs.best_estimator_
dt_regressor.fit(x_train, y_train)
```

```
Out[ ]: DecisionTreeRegressor(criterion='absolute_error', max_depth=4,
                              max_features='auto',
                              min_samples_leaf=0.030000000000000006, random_state=8)
```

```
In [ ]: # Предсказания модели регрессора на основе дерева решений
dt_pred = dt_regressor.predict(x_test)
```

```
In [ ]: # Визуализация дерева с помощью текста
tree_rules = export_text(dt_regressor, feature_names=list(x_train.columns))
print(tree_rules)
```



```

---- CGPA <= 0.68
    ---- CGPA <= 0.38
        ---- CGPA <= 0.28
            ---- University Rating <= 0.12
                ---- value: [0.49]
            ---- University Rating > 0.12
                ---- value: [0.45]
        ---- CGPA > 0.28
            ---- SOP <= 0.31
                ---- value: [0.56]
            ---- SOP > 0.31
                ---- value: [0.61]
    ---- CGPA > 0.38
        ---- CGPA <= 0.47
            ---- Research <= 0.50
                ---- value: [0.64]
            ---- Research > 0.50
                ---- value: [0.68]
        ---- CGPA > 0.47
            ---- CGPA <= 0.59
                ---- value: [0.70]
            ---- CGPA > 0.59
                ---- value: [0.76]
---- CGPA > 0.68
    ---- CGPA <= 0.76
        ---- University Rating <= 0.62
            ---- value: [0.80]
        ---- University Rating > 0.62
            ---- CGPA <= 0.72
                ---- value: [0.82]
            ---- CGPA > 0.72
                ---- value: [0.86]
    ---- CGPA > 0.76
        ---- CGPA <= 0.85
            ---- CGPA <= 0.82
                ---- value: [0.90]
            ---- CGPA > 0.82
                ---- value: [0.92]
        ---- CGPA > 0.85
            ---- CGPA <= 0.95
                ---- value: [0.94]
            ---- CGPA > 0.95
                ---- value: [0.96]

```

```

In [ ]: # Визуализация дерева
def get_png_tree(tree_model_param, feature_names_param):
    dot_data = StringIO()
    export_graphviz(tree_model_param, out_file=dot_data, feature_names=feature_names_param,
                    filled=True, rounded=True, special_characters=True)
    graph = pydotplus.graph_from_dot_data(dot_data.getvalue())
    return graph.create_png()

```

```

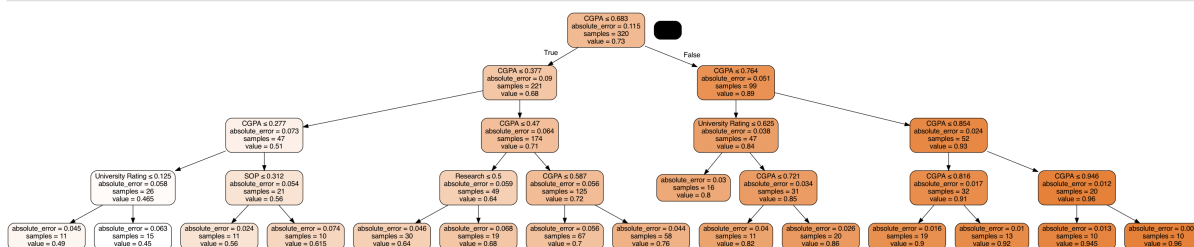
In [ ]: Image(get_png_tree(dt_regressor, x_train.columns), height='100%')

```

```

Out[ ]:

```



```
In [ ]: # Важность признаков
dt_regressor.feature_importances_
```

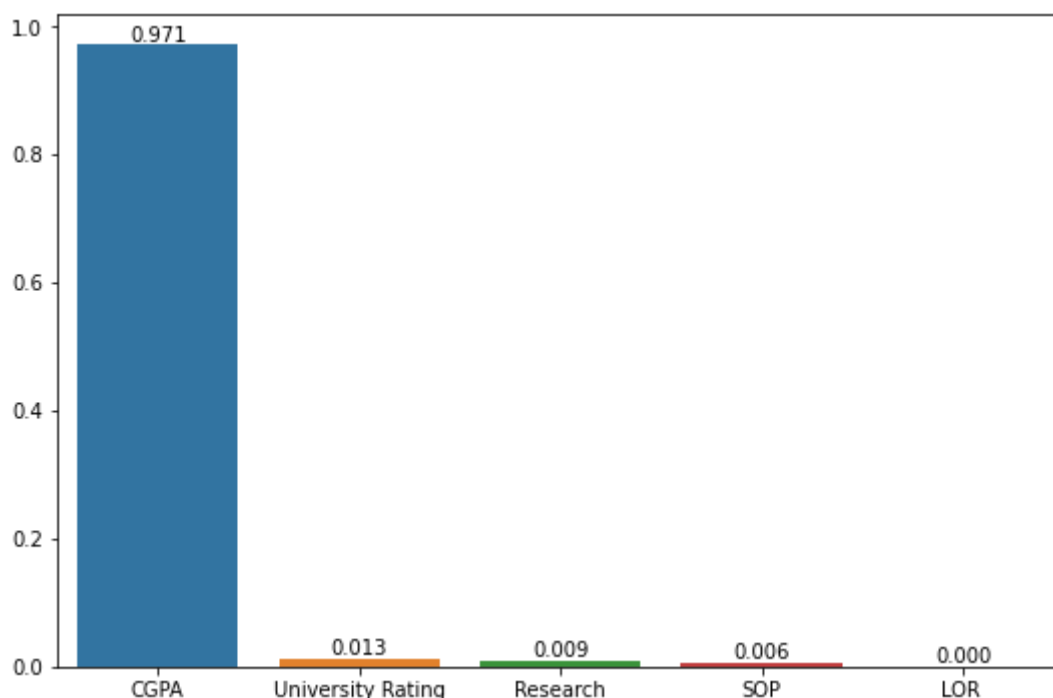
```
Out[ ]: array([0.01335056, 0.00602929, 0.          , 0.97114556, 0.00947459])
```

```
In [ ]: # Визуализация важности признаков
from operator import itemgetter

def plot_feature_importances(feature_names, feature_importances):
    feature_importance_list = list(zip(feature_names, feature_importances))
    sorted_list = sorted(feature_importance_list, key=itemgetter(1), reverse=True)
    feature_order = [x for x, _ in sorted_list]

    plt.figure(figsize=(9,6))
    bar_plot = sns.barplot(x=feature_names, y=feature_importances, order=feature_order)
    bar_plot.bar_label(bar_plot.containers[-1], fmt='%.3f')
    plt.show()

plot_feature_importances(x.columns.values, dt_regressor.feature_importances_)
```



Градиентный бустинг

```
In [ ]: # Гиперпараметры для оптимизации
parameters_to_tune = {
    "n_estimators": [5, 10, 15],
    "learning_rate": np.linspace(0.1, 0.3, 3),
    "min_samples_split": np.arange(2, 5, 1),
    "max_depth": np.arange(1, 10, 1),
}
```

```
In [ ]: %%time
# Оптимизация гиперпараметров
gbr_gs = GridSearchCV(GradientBoostingRegressor(random_state=3),
                      parameters_to_tune, cv=4, scoring='neg_root_mean_squar
gbr_gs.fit(x_train, y_train)
```

```
CPU times: user 5.25 s, sys: 59.8 ms, total: 5.31 s
Wall time: 5.17 s
```

```
Out[ ]: GridSearchCV(cv=4, estimator=GradientBoostingRegressor(random_state=3),
                    param_grid={'learning_rate': array([0.1, 0.2, 0.3]),
                                'max_depth': array([1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]),
                                'min_samples_split': array([2, 3, 4]),
                                'n_estimators': [5, 10, 15]},
                    scoring='neg_root_mean_squared_error')
```

```
In [ ]: # Лучшее значение параметров
gbr_gs.best_params_
```

```
Out[ ]: {'learning_rate': 0.3,
         'max_depth': 2,
         'min_samples_split': 2,
         'n_estimators': 10}
```

```
In [ ]: # Лучшее значение метрики
gbr_gs.best_score_
```

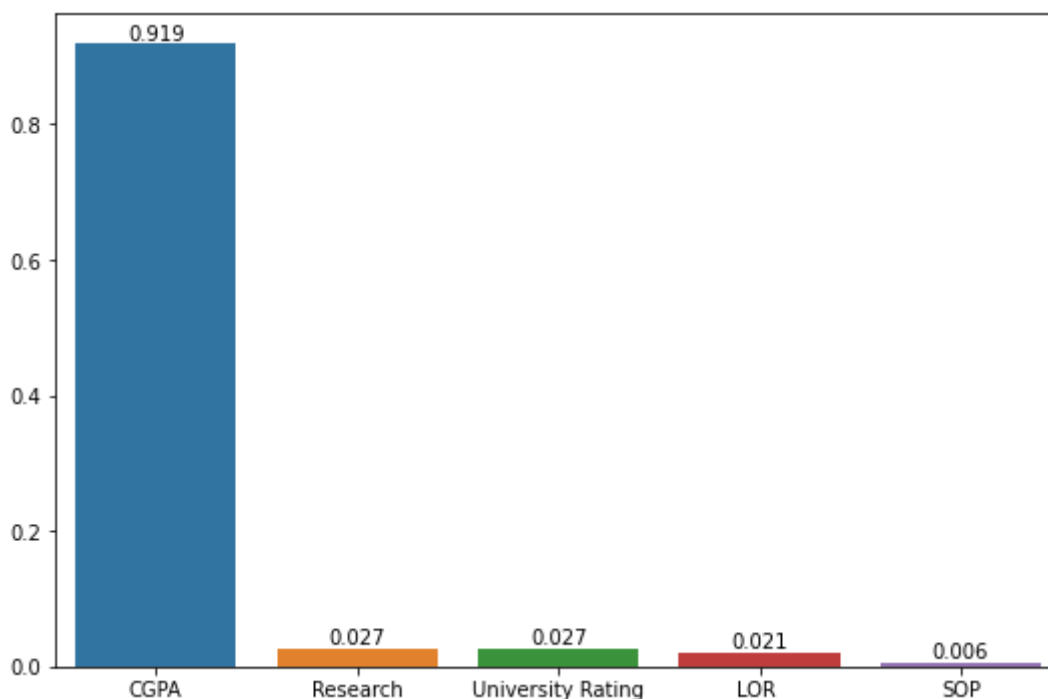
```
Out[ ]: -0.06563047586464989
```

```
In [ ]: # Обучение модели
gb_regressor : GradientBoostingRegressor= gbr_gs.best_estimator_
gb_regressor.fit(x_train, y_train)
```

```
Out[ ]: GradientBoostingRegressor(learning_rate=0.3, max_depth=2, n_estimators=10,
                                   random_state=3)
```

```
In [ ]: # Предсказания модели регрессора на основе градиентного бустинга
gb_pred = gb_regressor.predict(x_test)
```

```
In [ ]: # Визуализация важности признаков
plot_feature_importances(x.columns.values, gb_regressor.feature_importances_)
```



Оценка качества моделей

```
In [ ]: # Функция для оценки качества моделей
def model_scoring(y_true, y_pred):
    print("MAE: {}".format(mean_absolute_error(y_true, y_pred)))
    print("MSE: {}".format(mean_squared_error(y_true, y_pred)))
    print("R2: {}".format(r2_score(y_true, y_pred)))
```

```
In [ ]: # Оценка качества модели  
print("Дерево решений:")  
model_scoring(y_test, dt_pred)
```

Дерево решений:
MAE: 0.058812500000000004;
MSE: 0.0074515625;
R2: 0.6081859477685331.

```
In [ ]: # Оценка качества модели  
print("Градиентный бустинг:")  
model_scoring(y_test, gb_pred)
```

Градиентный бустинг:
MAE: 0.0584475667009281;
MSE: 0.006298609193659424;
R2: 0.668809918511712.

Обе модели показали неплохие результаты в решении задачи регрессии на заданном наборе данных, но градиентный бустинг имеет лучшие результаты, по сравнению с деревом решений.