Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

| Факультет «Информатика и системы управления» |
|---|
| Кафедра ИУ5 «Системы обработки информации и управления» |

Курс «Разработка интернет приложений»

Отчет по лабораторной работе №6 «Анализ и прогнозирование временного ряда»

Выполнил:

студент группы ИУ5-62Б Федосеева Елизавета Проверил:

преподаватель каф. ИУ5 Гапанюк Ю.Е.

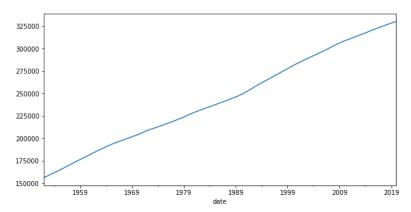
Описание задания:

- 1. Выберите набор данных (датасет) для решения задачи прогнозирования временного ряда.
- 2. Визуализируйте временной ряд и его основные характеристики.
- 3. Разделите временной ряд на обучающую и тестовую выборку.
- 4. Произведите прогнозирование временного ряда с использованием как минимум двух методов.
- 5. Визуализируйте тестовую выборку и каждый из прогнозов.
- 6. Оцените качество прогноза в каждом случае с помощью метрик.

Лабораторная работа №6: "Анализ и прогнозирование временного ряда".

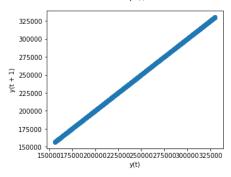
```
In [2]:
          import numpy as np
          import pandas as pd
          from matplotlib import pyplot
          import matplotlib.pyplot as plt
from statsmodels.tsa.seasonal import seasonal_decompose
          from sklearn.metrics import mean_absolute_error, mean_squared_error, r2_score
          from statsmodels.tsa.arima.model import ARIMA
          from sklearn.model selection import GridSearchCV
          from gplearn.genetic import SymbolicRegressor
          \textbf{from} \ \ \textbf{statsmodels.graphics.tsaplots} \ \ \textbf{import} \ \ \textbf{plot\_acf}, \ \ \textbf{plot\_pacf}
        Использован датасет, содержащий данные об изменении численности населения: https://www.kaggle.com/datasets/census/population-time-series-data?
        datasetId=51748&sortBy=voteCount
In [4]: | data = pd.read_csv('POP.csv')
          data.head()
Out[4]: realtime_start value
                                      date realtime end
         0 2019-12-06 156309.0 1952-01-01
                                               2019-12-06
         1 2019-12-06 156527.0 1952-02-01
         2 2019-12-06 156731.0 1952-03-01
                                               2019-12-06
         3 2019-12-06 156943.0 1952-04-01
                                              2019-12-06
           2019-12-06 157140.0 1952-05-01 2019-12-06
        Проигнорируем данные о реальном времени, поскольку мы концентрируемся только на диапазоне дат, в котором меняется население.
         data = data.drop(['realtime_start','realtime_end'],axis=1)
In [6]:
          """Преобразование столбца даты в объект datetime и установка его в качестве индекса"""
          data['date'] = pd.to_datetime(data['date'])
          data.set_index('date',inplace=True)
          data.head()
                       value
               date
         1952-01-01 156309.0
         1952-02-01 156527.0
         1952-03-01 156731.0
         1952-04-01 156943.0
         1952-05-01 157140.0
         data.describe()
Out[7]:
                       value
         count
                  816.000000
         mean 243847.767826
           std 50519.140567
           min 156309.000000
          25% 201725.250000
          50% 239557.500000
          75% 289364.250000
          max 330309.946000
        Визуализация временного ряда
          fig, ax = pyplot.subplots(1, 1, sharex='col', sharey='row', figsize=(10,5)) fig.suptitle('Временной ряд в виде графика')
          data.plot(ax=ax, legend=False)
          pyplot.show()
```

Временной ряд в виде графика

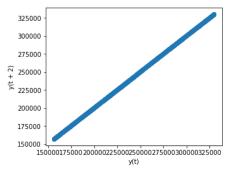


```
In [9]:
    for i in range(1, 5):
        fig, ax = pyplot.subplots(1, 1, sharex='col', sharey='row', figsize=(5,4))
        fig.suptitle(f'Jar nopядка {i}')
        pd.plotting.lag_plot(data, lag=i, ax=ax)
        pyplot.show()
```

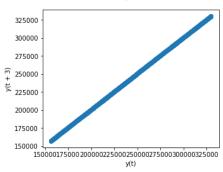
Лаг порядка 1



Лаг порядка 2



Лаг порядка 3

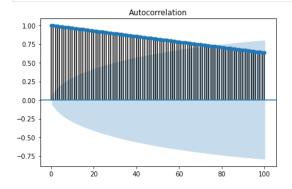



```
In [10]:

fig, ax = pyplot.subplots(1, 1, sharex='col', sharey='row', figsize=(10,5))
fig.suptitle('Автокорреляционная диаграмма')
pd.plotting.autocorrelation_plot(data, ax=ax)
pyplot.show()
```

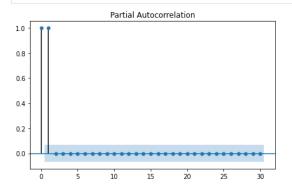

Автокорреляционная функция

In [42]: plot_acf(data, lags=100)
 plt.tight_layout()



Частичная автокорреляционная функция

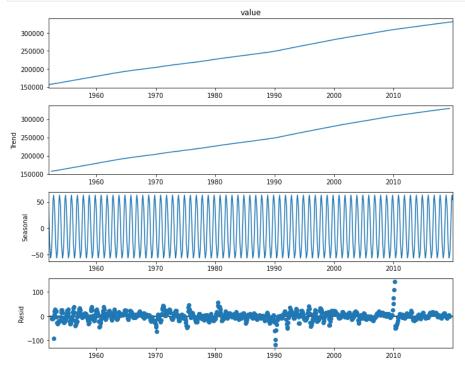
In [40]: plot_pacf(data, lags=30)
 plt.tight_layout()



Декомпозиция временного ряда

```
In [14]:
    decomposed = seasonal_decompose(data['value'], model = 'add')
    fig = decomposed.plot()
```





Наблюдается положительная динамика с 1952 по 2019 год.

Разделение временного ряда на обучающую и тестовую выборку

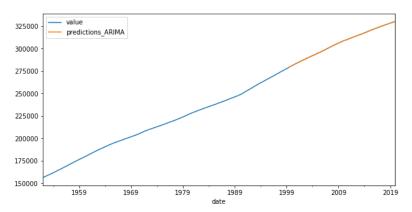
```
In [15]: data_2 = data.copy()

In [16]: # Целочисленная метка шкалы βремени xnum = list(range(data_2.shape[0])) # Paзделение выборки на обучающую и тестовую Y = data_2['value'].values train_size = int(len(Y) * 0.7) xnum_train, xnum_test = xnum[0:train_size], xnum[train_size:] train, test = Y[0:train_size], Y[train_size:] history_arima = [x for x in train]
```

Прогнозирование временного ряда авторегрессионным методом (ARIMA)

```
In [17]:
           # Параметры модели (p,d,q)
           arima\_order = (2,1,0)
           # Формирование предсказаний
           predictions_arima = list()
           for t in range(len(test))
               model_arima = ARIMA(history_arima, order=arima_order)
               model_arima_fit = model_arima.fit()
yhat_arima = model_arima_fit.forecast()[0]
               predictions_arima.append(yhat_arima)
           history_arima.append(test[t])
# Вычисление метрики RMSE
           error_arima = mean_squared_error(test, predictions_arima, squared=False)
In [18]:
           # Ошибка прогноза
           np.mean(Y), error_arima
Out[18]: (243847.7678259804, 24.173499535797916)
In [19]:
           # Записываем предсказания в DataFrame
           data_2['predictions_ARIMA'] = (train_size * [np.NAN]) + list(predictions_arima)
In [20]:
           fig, ax = pyplot.subplots(1, 1, sharex='col', sharey='row', figsize=(10,5))
           fig.suptitle('Предсказания временного ряда')
           data_2.plot(ax=ax, legend=True)
```

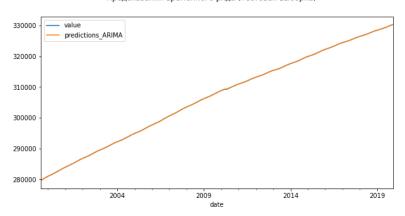
Предсказания временного ряда



```
In [21]:

fig, ax = pyplot.subplots(1, 1, sharex='col', sharey='row', figsize=(10,5))
fig.suptitle('Предсказания временного ряда (тестовая выборка)')
data_2[train_size:].plot(ax=ax, legend=True)
pyplot.show()
```

Предсказания временного ряда (тестовая выборка)



Прогнозирование временного ряда методом символьной регресии

/usr/local/lib/python3.7/dist-packages/sklearn/utils/validation.py:993: DataConversionWarning: A column-vector y was passed when a 1d array was expected. Please change the shape of y to (n_samples,), for example using ravel().

y = column_or_1d(y, warn=True)

| y = column_or_id(y, warn=irde) | | | | | | |
|--------------------------------|----------|-------------|--------|-----------------|-------------|-----------|
| ı | Populat: | ion Average | | Best Individual | | |
| Gen | Length | Fitness | Length | Fitness | 00B Fitness | Time Left |
| 0 | 263.65 | 2.43463e+63 | 23 | 7.14077e+09 | N/A | 2.77m |
| 1 | 130.98 | 5.77055e+16 | 43 | 6.06688e+09 | N/A | 1.13m |
| 2 | 53.10 | 4.58992e+15 | 34 | 3.54847e+09 | N/A | 39.70s |
| 3 | 34.28 | 1.99853e+19 | 13 | 1.42699e+09 | N/A | 32.05s |
| 4 | 35.05 | 2.10424e+16 | 38 | 1.04052e+09 | N/A | 31.71s |
| 5 | 30.47 | 2.56729e+16 | 36 | 4.29436e+08 | N/A | 29.49s |
| 6 | 31.30 | 3.00498e+16 | 50 | 6.39791e+07 | N/A | 30.52s |
| 7 | 38.37 | 8.59782e+15 | 35 | 1.51165e+07 | N/A | 30.47s |
| 8 | 43.37 | 5.29474e+15 | 47 | 4.76034e+06 | N/A | 30.80s |
| 9 | 37.70 | 8.42452e+15 | 35 | 4.14545e+06 | N/A | 27.96s |
| 10 | 40.68 | 5.69103e+15 | 32 | 3.65059e+06 | N/A | 30.63s |
| 11 | 45.38 | 5.71108e+15 | 29 | 3.65015e+06 | N/A | 29.93s |
| 12 | 41.36 | 5.72894e+15 | 29 | 3.65015e+06 | N/A | 29.92s |
| 13 | 35.07 | 3.58233e+15 | 29 | 3.65015e+06 | N/A | 25.72s |
| 14 | 33.33 | 8.46569e+15 | 35 | 3.53261e+06 | N/A | 25.03s |
| 15 | 31.43 | 3.14997e+19 | 35 | 3.53261e+06 | N/A | 24.63s |
| 16 | 30.19 | 1.42657e+16 | 35 | 3.53261e+06 | N/A | 22.80s |
| 17 | 30.81 | 2.81228e+15 | 35 | 3.53261e+06 | N/A | 24.42s |
| 18 | 33.31 | 5.72757e+15 | 35 | 3.53261e+06 | N/A | 23.06s |
| 19 | 33.71 | 1.26632e+16 | 35 | 3.50395e+06 | N/A | 22.17s |
| 20 | 34.95 | 1.70198e+16 | 35 | 3.50395e+06 | N/A | 22.53s |
| 21 | 42.21 | 6.70957e+15 | 35 | 3.50395e+06 | N/A | 24.04s |
| 22 | 54.68 | 6.78469e+15 | 35 | 3.50395e+06 | N/A | 24.09s |
| 23 | 50.99 | 6.47928e+18 | 102 | 3.50387e+06 | N/A | 23.79s |
| 24 | 42.69 | 8.57551e+15 | 71 | 3.50376e+06 | N/A | 20.67s |
| 25 | 59.07 | 6.73374e+21 | 85 | 3.49756e+06 | N/A | 23.04s |
| 26 | 89.07 | 1.51918e+25 | 85 | 3.49756e+06 | N/A | 26.59s |
| 27 | 100.70 | 2.98833e+18 | 91 | 3.48956e+06 | N/A | 28.13s |
| 28 | 120.58 | 7.92131e+23 | 91 | 3.48956e+06 | N/A | 31.64s |
| 29 | 142.26 | 1.91023e+18 | 127 | 3.48498e+06 | N/A | 33.27s |
| 30 | 116.37 | 6.9315e+21 | 54 | 3.46676e+06 | N/A | 35.69s |
| | | | | | | |

```
31
       103.96
                    2.33782e+22
                                        54
                                                 3.46676e+06
                                                                            N/A
                                                                                    34.645
       107.16
                    2.82439e+18
                                        54
                                                 3.46676e+06
                                                                            N/A
                                                                                    26.50s
  32
  33
       110.56
                    4.95099e+26
                                       112
                                                 3.45858e+06
                                                                            N/A
                                                                                    25.78s
                                                 3.45249e+06
        94.20
                    1.96986e+18
                                       114
                                                                            N/A
                                                                                    22.815
  35
        77.71
                     6.0703e+15
                                       133
                                                 3.43034e+06
                                                                            N/A
                                                                                    19.76s
                    5.62717e+15
                                                 3.42948e+06
                                                                                    23.33s
       111.25
                                        79
                                                                            N/A
  36
                      1.4552e+18
       142.44
                                       246
                                                 3.41658e+06
                                                                            N/A
                                                                                    24.40s
  38
                                                 3.36822e+06
       171.28
                     3.11029e+19
                                       187
                                                                                    26.25s
                                                                            N/A
  39
       197.58
                     2.8446e+16
                                       187
                                                 3.36419e+06
                                                                            N/A
                                                                                    27.93s
                                                 3.35931e+06
                    1.12226e+16
                                                                            N/A
                                                                                    28.03s
  40
       213.08
                                       212
                     7.07447e+17
                                                 3.35563e+06
                                                                            N/A
                                                                                    25.74s
  42
       200.58
                    9.48793e+19
                                       308
                                                 3.25166e+06
                                                                            N/A
                                                                                    25.51s
  43
       203.16
                     6.9535e+17
                                       308
                                                 3.24914e+06
                                                                            N/A
                                                                                    24.90s
       271.65
                    2.48275e+15
                                                 3.17665e+06
                                                                                    28.32s
  44
                                       434
                                                                            N/A
       340.95
                    1.45248e+18
                                       434
                                                 3.17665e+06
  46
       407.23
                     2.9286e+14
                                       874
                                                 3.13466e+06
                                                                            N/A
                                                                                    34.04s
                                      857
  47
       475.59
                    8.20919e+13
                                                 3.13086e+06
                                                                            N/A
                                                                                    36.51s
                     6.58531e+17
                                                  3.1245e+06
                                                  3.1232e+06
                                                                                    54.96s
       871.75
                     5.67064e+14
                                      1140
  50
      1008.67
                    1.44739e+18
                                      1126
                                                 3.11533e+06
                                                                            N/A
                                                                                    59.475
  51
      1040.20
                    8.00984e+13
                                      1337
                                                  3.1087e+06
                                                                            N/A
                                                                                    57.75s
      1087.90
                     4.8939e+10
                                      1352
                                                 3.10262e+06
                                                                                    56.91s
                     6.88053e+18
                                                 3.09244e+06
  53
      1212.74
                                      1338
                                                                            N/A
                                                                                    58.22s
  54
      1332.59
                    9.76027e+14
                                      1324
                                                 3.09015e+06
                                                                            N/A
                                                                                    59.025
  55
      1375.70
                     4.2908e+14
                                      1361
                                                 3.08045e+06
                                                                                    57.03s
                                                                            N/A
      1400.24
                    4.21109e+14
                                      1622
                                                 3.07579e+06
                                                                                    53.43s
      1485.49
                     3.56926e+14
                                      1361
                                                  3.0712e+06
                                                                                    56.32s
  57
                                                                            N/A
  58
      1565.07
                    5.99454e+17
                                      1379
                                                 3.06568e+06
                                                                            N/A
                                                                                    58.10s
      1519.96
                    1.18494e+10
                                                 3.05779e+06
  59
                                      1452
                                                                            N/A
                                                                                    44.29s
                                                 3.05779e+06
      1441.96
                    3.61367e+14
                                      1452
                                                                                    37.90s
  60
                                                                            N/A
                                                                                    36.405
  61
      1484.91
                    3.60553e+14
                                      1441
                                                 3.04915e+06
                                                                            N/A
                                      1441
  62
      1502.33
                    8.71965e+13
                                                 3.04637e+06
                                                                            N/A
                                                                                    32.50s
                     5.11657e+12
                                                                                    27.78s
  63
      1499.87
                                                 3.04262e+06
                                                                            N/A
      1457.59
                    3.97956e+14
                                      1453
                                                 3.03789e+06
  64
                                                                            N/A
                                                                                    21.46s
  65
      1514.59
                    3.44098e+14
                                      1735
                                                 3.03427e+06
                                                                            N/A
                                                                                    20.76s
  66
      1597.79
                    6.70466e+14
                                      1728
                                                 3.02874e+06
                                                                            N/A
                                                                                    14.12s
      1652.89
                     3.52673e+14
                                                 3.02842e+06
                                                                            N/A
                                                                                     9.83s
  68
      1696.85
                    3.44312e+14
                                      1728
                                                 3.02504e+06
                                                                            N/A
                                                                                     4.99s
  69
      1756.59
                    5.96419e+17
                                      1817
                                                 3.01702e+06
                                                                            N/A
                                                                                     0.00s
SymbolicRegressor(const_range=(-100, 100),
function_set=['add', 'sub', 'mul', 'div', 'sin'],
```

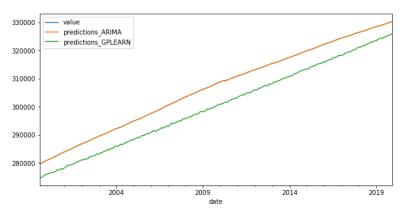
generations=70, init_depth=(4, 10), metric='mse population_size=500, random_state=0, stopping_criteria=0.01, verbose=1)

In [24]:

print(SR. program)

X0)), sub(add(X0, X0), add(add(add(X0, X0), X0), sin(X0)))), 51.302), add(X0, X0)))), add(add(add(add(add(Add(X0, X0), Add(X0, X0), X0)), sin(mul(sub(-36.019, -77.644), add(add(add(add(add(Add(Add(X0, 51.302), add(Add(X0, X0), X0)), add(X0, X0))))), add(X0, X0))))), sin(mul(sub(-36.019, -77.644), add(add(add(Add(Add(Add(X0, 51.302), 51.302), add(Add(X0, X0), X0)), add(X0, X0)))), sin(mul(sub(-36.019, -77.644), add(Add(Add(Add(Add(Add(X0, 51.302), 51.302), add(Add(X0, X0), X0)), add(X0, X0)))), sin(mul(sub(-36.019, -77.644), Add(Add(Add(Add(Add(X0, X0), X0)), Add(X0, X0))))), sin(mul(Sub(-36.019, -77.644), Add(Add(Add(Add(Add(X0, X0), X0)), Add(X0, X0))))), sin(mul(Sub(-36.019, -77.644), Add(Add(Add(Add(Add(Add(X0, X0), X0)), Add(X0, X0)))))))), sin(mul(Sub(-36.019, -77.644), Add(Add(Add(Add(Add(X0, X0), X0)), Add(X0, X0)))))), sin(mul(Sub(-36.019, -77.644), Add(Add(Add(Add(Add(Add(X0, X0), X0)), Add(X0, X0)))))))))))))))))))) X0))))), sin(mul(sub(-36.019, -77.644), add(add(add(X0, 51.302), add(add(X0, X0), X0)), add(X0, X0)), add(X0, X0)))), sin(mul(sub(-36.019, 8.619, -77.644)), Sub(add(X0, X0)), add(X0, X0)), add(X0, X0))), sin(X0))))))), 51.302), add(add(X0, X0)), Sin(X0))))), 51.302), add(X0, X0)))), sin(X0))))), 51.302), add(Add(X0, X0))), sin(X0)))), sin(X0))))), sin(X0)))), sin(X0))), add(X0, X0)), add(X0, X0)))), sin(X0)))), sin(X0)))), sin(X0))), add(X0, X0)), add(X0, X0)))), sin(X0)))), sin(X0))), sin(X0)))), sin(X0))), add(X0, X0)))), sin(X0))), sin(X0))), add(X0, X0)))), sin(X0))), add(X0, X0)))), sin(X0))), sin(X0))), add(X0, X0)))), sin(X0))), add(X0, X0)))), sin(X0))), add(X0, X0)))), sin(X0))), add(X0, X0))), add(X0, X0)))), sin(X0))), add(X0, X0))), add(X0, X0)))), sin(X0))), add(X0, X0)))), add(X0, X0))), add(X0, X0))), add(X0, X0)))), add(X0, X0)))), add(X0, X0)))), sin(X0))), add(X0, X0))), add(X0, X0))), add(X0, X0)))), add(X0, X0))), add(X0, X0))), add(X0, X0)))), sin(X0))), add(X0, X0)))), add(X0, X0))), add(X0, X0))), add(X0, X0)))), add(X0, X0)))), add(X0, X0)))), add(X0, X0))), add(X0, X0)))), add(X0, X0)))), add(X0, X0)))), add(X0, X0))), add(X0, X0))), add(X0, X0)))), add(X0, X0))), add(X0, X0))), add(X0, X0)))), add(X0, X0)))), add(X0, X0))), add(X0, X0)))), add(X0, X0))), add(X0, X0)))), add(X0, X0)))), add(X0, X0)))), add(X0, X0))), add(X0, X0)))), add(X0, X0))), add(X0, X0)))), add(X0, X0))), add(X0, X0)))), add(X0, X0))), add(X0, X0))), add(X0, X0)))), add(X0, X0))), add(X0, X0))), add(X0, X0))), add(X0, X0)))), add(X0, X0))), add(X 0)), add(X0, X0))))), sin(mul(sub(-36.019, -77.644), add(add(add(add(X0, X0), add(X0, sub(mul(add(add(X0, 51.302), add(add(X0, X0), X0)), a dd(X0, X0)), add(X0, X0)), sub(add(X0, X0), add(add(add(X0, X0), X0), sin(X0))))), add(X0, X0)), add(X0, X0))))), sin(mul(sub(-36.019, -77.64 4), add(add(add(X0, X0), add(add(add(X0, X0), X0), sin(X0))))), 51.302), add(X0, X 0))))), sin(mul(sub(-36.019, -77.644), add(add(add(X0, 51.302), add(add(X0, X0), X0)), add(X0, X0)), add(X0, X0))))), sin(mul(sub(-36.019, -77.644), add(add(add(X0, 51.302), add(add(X0, X0)), X0)), add(X0, X0)))), sin(mul(sub(-36.019, -77.644), add(add(Add(X0, X0)))), sin(mul(sub(-36.019, -77.644), add(add(X0, X0)), X0)), add(X0, X0)), add(X0, X0))), sin(mul(sub(-36.019, -77.644), add(add(Add(X0, X0)), X0)), add(X0, X0)))), sin(mul(sub(-36.019, -77.644), add(X0, X0)), sub(add(X0, X0)), su 0), mul(55.353, mul(sub(-36.019, -77.644), add(add(x0, add(add(x0, x0), x0), x0), x0), xin(x0)))))), 51.302), add(x0, x0))))), sin(mu $d(X\emptyset, X\emptyset), X\emptyset)), \ add(add(X\emptyset, 51.302), X\emptyset)), \ add(X\emptyset, X\emptyset))))), \ sin(mul(sub(-36.019, -77.644), \ add(add(sin(X\emptyset), add(X\emptyset, X\emptyset))), \ add(X\emptyset, X\emptyset))))), \ sin(mul(sub(-36.019, -77.644), \ add(add(sin(X\emptyset), X\emptyset)), \ add(X\emptyset, X\emptyset)))))))$ (mul(sub(-36.019, -77.644), add(add(X0, X0), X0)))), sin(mul(sub(-36.019, -77.644), add(add(add(X0, 51.302), add(add(X0, X0)), add(X0, X0))), add(X0, X0)))), sin(mul(sub(-36.019, -77.644), add(add(add(X0, 51.302), add(add(X0, X0), X0)), add(X0, X0)))), sin(mul(sub(-36.019, -77.644), add(add(add(X0, X0), X0)), add(X0, X0))))), sin(mul(sub(-36.019, -77.644), add(add(add(add(X0, X0), X0)), add(X0, X0))))), sin(mul(sub(-36.019, -77.644), add(add(x0, X0), X0)))), sin(mul(sub(-36.019, -77.644), add(add(x0, X0), X0))))), sin(mul(sub(-36.019, -77.644), add(add(x0, X0), X0)))))

Предсказания временного ряда (тестовая выборка)



```
In [28]: error_SR = mean_squared_error(test, y_sr, squared=False)

In [29]: # Ошибка прогноза пр. mean(Y), error_SR

Out[29]: (243847.7678259804, 6510.330169456957)
```

Качество прогноза моделей

GPLEARN R^2: 0.8047153645391025 MSE: 6510.330169456957 MAE: 6443.710113418146

Вывод: Обе модели, ARIMA и GPLEARN, показали хороший результат. Лучшей по всем используемым метрикам оказалась модель ARIMA.