

# Regresja liniowa

Regresja liniowa to tworzenie modeli przedstawiających wielkość, której wartość chcemy przewidzieć (zmienna zależna) jako kombinację liniową predyktorów (zmiennych zależnych).

Struktura modelu ma postać

$$\tilde{y} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n$$

lub w formie macierzowej

$$\tilde{\mathbf{y}} = [\mathbf{1} \ \mathbf{X}] \boldsymbol{\beta}$$

gdzie wektor wartości zmiennych zależnych jest przewidywany na podstawie macierzy danych i wektora współczynników  $\boldsymbol{\beta}$ .

Współczynnik  $\beta_0$  w nomenkulturze anglojęzycznej jest nazywany *intercept* ponieważ jest to punkt przecięcia się z osią  $y$  gdy wszystkie predyktory są równe 0.

Aby wyznaczyć parametry modelu liniowego potrzebujemy wektora danych uczących, tj. znanych nam wartości zmiennej zależnej  $\mathbf{y}$  oraz odpowiadającej mu macierzy predyktorów  $\mathbf{X}$ . Macierz predyktorów nosi nazwę *design matrix*, i bardzo użyteczne do jej wyznaczenia (w oparciu o dane w formie dataframe) jest pakiet [patsy](#), a w szczególności funkcja `dmatrices`.

Model regresyjny ma mocne umocowanie statystyczne, jednak w ramach zajęć będziemy traktować go machinistycznie jak jedną z metod uczenia maszynowego. Do tworzenia takich modeli służy klasa `LinearRegression`

Do analizy regresji liniowej wykorzystywać będziemy pakiet `scikit-learn` oraz zawarte w nim klasy, głównie w modułach `linear_model`, `metrics` oraz `model_selection`.

## Dane uczące i dane testowe

Zazwyczaj rozwiązujeając problem nie mamy dostępu do dodatkowych danych testowych uzupełniających nasze dane uczące. Dlatego też, popularną praktyką jest podzielenie posiadanego zbioru danych w sposób losowy na dwa zbiory: uczący i testowy. Do tego służy funkcja `train_test_split` z modułu `model_selection`.

In [1]:

```
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.metrics import mean_squared_error
from sklearn.metrics import mean_absolute_error
from math import sqrt
```

## Zadanie 1

Na podstawie danych zawartych w pliku SCORES.csv wykonaj i oceń regresję liniową, gdzie Twoją daną niezależną (predyktorem) będą godziny poświęcone na przygotowanie, a wynikową

uzyskane punkty. Wykonanie zadania powinno składać się z następujących kroków:

1. Zimportowanie niezbędnych bibliotek w szczególności tych tworzących modele liniowe z "scikit-learn", a także biblioteki do operacji na danych oraz tworzenia wykresów.
2. Odczytaj dane z pliku SCORES.csv. Pomocne w interpretacji danych są metody: head(), describe(), shape.
3. Wykonaj wstępny wykres uzyskanych danych (typu "scatter")
4. Dokonaj podziału danych na zbiory danych niezależnych (wejściowe, X) oraz zależnych (wyjściowe, y) dla swojego modelu, a następnie podziel zbiór na dane testowe i treningowe (30%)
5. Utwórz model regresji liniowej za pomocą sklearn.
6. Wypisz i przeanalizuj wyliczone wskaźniki dla modelu: *coef* oraz *intercept*. Czym one są i do czego służą?
7. Wykorzystując stworzony model dokonaj predykcji dla części testowej X. Porównaj wynik (y\_pred) z posiadanymi danymi (y\_test).
8. Wykonaj wykres konfrontujący dane testowe (X\_test, y\_test; typu "scatter") oraz predykcje (X\_test, y\_pred; linia prosta)
9. Dokonaj walidacji uzyskanych predykcji wykorzystując metryki: średni błąd bezwzględny (Mean Absolute Error), błąd średniokwadratowy (Mean Squared Error) oraz pierwiastek błędu średniokwadratowego (Root Mean Squared Error).

Następnie utworzony skrypt wykorzystaj na danych zawartych w SBP.csv, gdzie predyktorem będzie wiek, a wynikiem ciśnienie (SBP). Czy uzyskane wyniki z modelu są równe zadowalające?

In [2]:

```
def reg_lin(filename, x_name, y_name):  
  
    data = pd.read_csv(filename, sep=',')  
    print(data.describe())  
    X = data[x_name]  
    y = data[y_name]  
  
    plt.grid(zorder=0)  
    plt.scatter(X, y, color='black', zorder=3)  
    plt.xlabel(x_name, fontsize=13)  
    plt.ylabel(y_name, fontsize=13)  
    plt.title('Data graph', fontsize=13)  
    plt.show()  
  
    X = data[x_name].values.reshape(-1,1)  
    y = data[y_name]  
  
    X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, train_size = 0.3, test_size=0.3)  
  
    regressor = LinearRegression()  
    regressor.fit(X_train, y_train)  
  
    y_pred = regressor.predict(X_test)  
  
    d = {'y_pred': y_pred, 'y_test': y_test}  
    df = pd.DataFrame(data=d)  
    df.set_axis(list(range(1, len(y_pred)+1)), axis=0, inplace=True)  
    print('\n{0}\n'.format(df))  
  
    reg_coef = regressor.coef_  
    reg_inter = regressor.intercept_  
    score = regressor.score(X_test, y_test)
```

```

print('Coef: {}'.format(reg_coef))
print('Intercept: {}'.format(reg_inter))

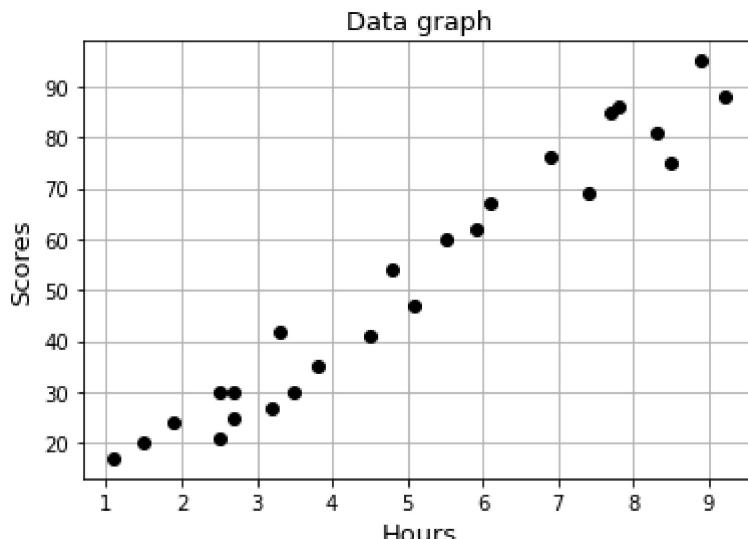
plt.grid(zorder=0)
plt.scatter(X_test, y_test, color='black', zorder=3)
plt.plot(X_test, y_pred, color='blue', linewidth=3, zorder=3)
plt.xlabel(x_name, fontsize=13)
plt.ylabel(y_name, fontsize=13)
plt.title('Result', fontsize=13)
plt.show()

mae = mean_absolute_error(y_test, y_pred)
mse = mean_squared_error(y_test, y_pred)
rmse = sqrt(mean_squared_error(y_test, y_pred))
print('Accuracy: {}%\n'.format(abs(round(100*score,1))))
print('Mean Absolute Error: {}'.format(round(np.mean(mae),2)))
print('Mean Squared Error: {}'.format(round(np.mean(mse),2)))
print('Root Mean Squared Error: {}'.format(round(np.mean(rmse),2)))

```

In [3]: `reg_lin('SCORES.csv', 'Hours', 'Scores')`

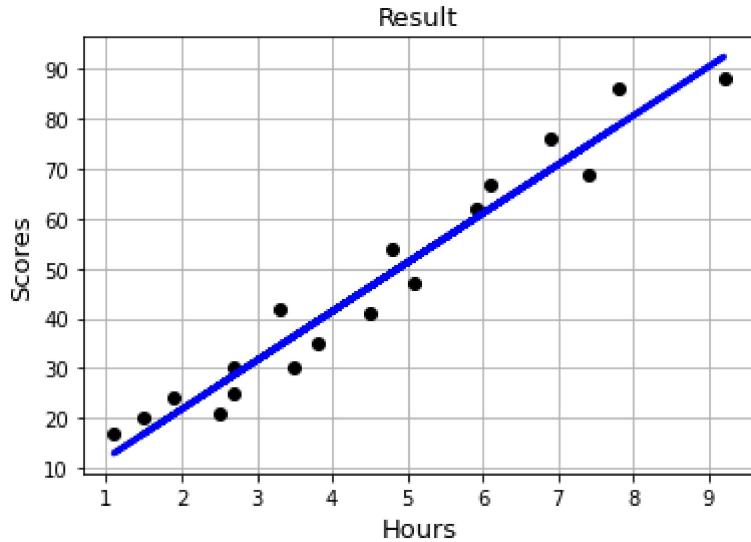
	Hours	Scores
count	25.000000	25.000000
mean	5.012000	51.480000
std	2.525094	25.286887
min	1.100000	17.000000
25%	2.700000	30.000000
50%	4.800000	47.000000
75%	7.400000	75.000000
max	9.200000	95.000000



	y_pred	y_test
1	28.626193	25
2	39.438579	35
3	34.523858	42
4	60.080406	62
5	16.830863	20
6	74.824569	69
7	69.909848	76
8	49.268020	54
9	92.517563	88
10	46.319188	41
11	36.489746	30
12	78.756345	86
13	26.660305	21
14	52.216853	47
15	28.626193	30
16	12.899086	17

```
17 20.762640      24
18 62.046294      67
```

Coef: [9.82944162]  
Intercept: 2.0867005076142533

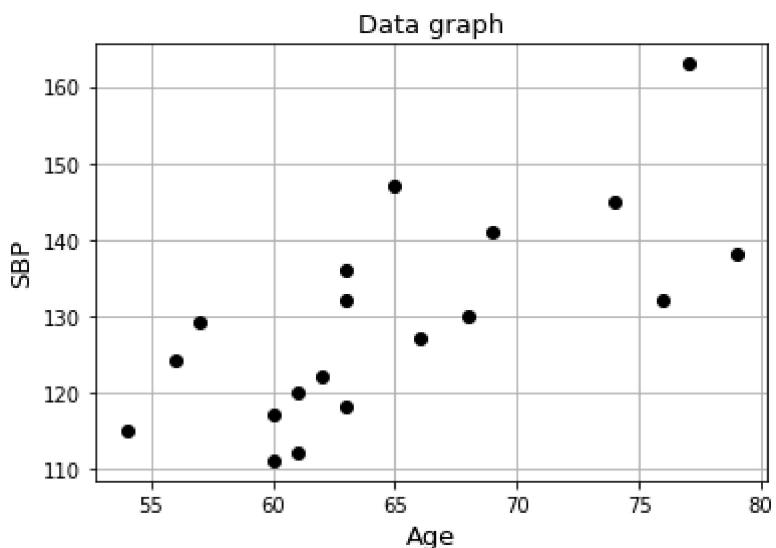


Accuracy: 95.1%

Mean Absolute Error: 4.74  
Mean Squared Error: 25.12  
Root Mean Squared Error: 5.01

```
In [4]: reg_lin('SBP.csv', 'Age', 'SBP')
```

	Age	SBP
count	19.000000	19.000000
mean	64.947368	129.421053
std	7.214751	13.454928
min	54.000000	111.000000
25%	60.500000	119.000000
50%	63.000000	129.000000
75%	68.500000	137.000000
max	79.000000	163.000000

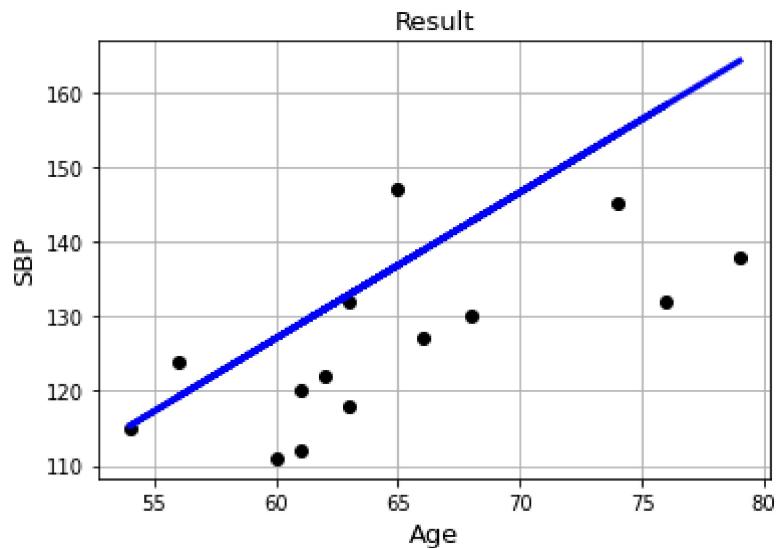


	y_pred	y_test
1	164.155854	138
2	128.996044	112
3	119.229430	124
4	127.042722	111
5	136.809335	147
6	128.996044	120
7	130.949367	122

8	138.762658	127
9	115.322785	115
10	158.295886	132
11	142.669304	130
12	154.389241	145
13	132.902690	132
14	132.902690	118

Coef: [1.95332278]

Intercept: 9.84335443037979



Accuracy: 66.7%

Mean Absolute Error: 12.02

Mean Squared Error: 201.39

Root Mean Squared Error: 14.19

## Zadanie 1 - wnioski

### Wnioski dla 'SCORES.csv'

#### Wskaźniki *coef* oraz *intercept*. Czym one są i do czego służą?

Wskaźniki te są współczynnikami  $\beta$  w równaniu struktury modelu. Współczynnik intercept oznacza wyraz wolny, natomiast coef jest listą pozostałych współczynników ważonych. Są one potrzebne do wyznaczenia równania dopasowanej funkcji liniowej. W przypadku wartości uzyskanych dla pliku SCORES.csv (coef = 9.83, intercept = 2.09) otrzymany model pasuje do linii:  $y = 9.83 * 'Hours' + 2.09$

#### Porównaj wynik (*y\_pred*) z posiadanymi danymi (*y\_test*).

Wynik predykcji dla części testowej X (*y\_pred*) dość dobrze pokrywa się z posiadanymi danymi (*y\_test*). Wartości predykcji te nie są dokładnie takie same jak dane, natomiast są do siebie zbliżone, poprawnie reagując wzrostami i spadkami dla poszczególnych wartości X.

#### Walidacja uzyskanych predykcji

MAE (mean absolute error / średni błąd bezwzględny) - informuje o ile średnio w okresie prognoz, będzie wynosić odchylenie od wartości rzeczywistej. Określa jakim błędem miarowym jest obarczona prognoza.

MSE (Mean Squared Error / błąd średniokwadratowy) - oznacza średnią różnicę kwadratów odchyleń.

RMSE (Root Mean Squared Error / pierwiastek błędu średniokwadratowego) - jest pierwiastkiem błędu średniokwadratowego. Określa jak prognozy średnio różnią się od rzeczywistych wartości zmiennych. Jest wyrażony w tej samej jednostce co zmienna zależna.

- średni błąd bezwzględny (Mean Absolute Error) wynosi 4.74
- błąd średniokwadratowy (Mean Squared Error) wynosi 25.12
- pierwiastek błędu średniokwadratowego (Root Mean Squared Error) wynosi 5.01

Wartość średnia zmiennej zależnej: 51.48

Validacja uzyskanych predykcji potwierdza niski stopień błędu wykonanej regresji liniowej.

## Wnioski dla 'SBP.csv'

### Czy uzyskane wyniki z modelu 'SBP.csv' są równie zadowalające?

W tym wypadku wyniki są nieco gorsze od poprzedniego modelu. Dokładność spadła z 95.1% (dla poprzedniego modelu) do 66.7%.

Validacja poniższych wskaźników również potwierdza większe błędy:

- średni błąd bezwzględny (Mean Absolute Error) wynosi 12.02
- błąd średniokwadratowy (Mean Squared Error) wynosi 201.39
- pierwiastek błędu średniokwadratowego (Root Mean Squared Error) wynosi 14.19

Wartość średnia zmiennej zależnej: 129.42

Wyniki z modelu można natomiast w dalszym ciągu uznać za stosunkowo satysfakcyjujące.

In [ ]:

## Zadanie 2

Na podstawie danych zawartych w pliku PETROL.csv wykonaj i oceń regresję liniową. Jako daną zależną wykorzystaj zużycie paliwa, a pozostałe - jako predyktory. Wykonanie zadania powinno składać się z kroków podobnych do tych z zadania poprzedniego.

Czy uzyskane wyniki predykcji modelu są dobre? Co mogło mieć pozytywny/negatywny wpływ na taki wynik?

In [5]:

```
def plt_scatter(X,name,y):  
    plt.grid(zorder=0)  
    plt.scatter(X[name], y, color='black', zorder=3)  
    plt.ylabel('Zużycie paliwa', fontsize=13)  
    plt.xlabel(name, fontsize=13)  
    plt.title('Data graph', fontsize=13)  
    plt.show()  
  
def plt_scatter_line(X_test, name, y_test, y_pred):  
    plt.grid(zorder=0)  
    plt.scatter(X_test[name], y_test, color='black', zorder=3)  
    d = {'X_test': X_test[name], 'y_pred': y_pred}  
    df = pd.DataFrame(data=d)  
    X_y_sort = df.sort_values(by='X_test')
```

```
plt.plot(X_y_sort['X_test'], X_y_sort['y_pred'], color='blue', linewidth=3, zord
plt.ylabel('Zuzycie_paliwa', fontsize=13)
plt.xlabel(name, fontsize=13)
plt.title('Result', fontsize=13)
plt.show()
```

In [6]:

```
data = pd.read_csv('PETROL.csv', sep=',')
print(data.describe())

y = data.pop('Zuzycie_paliwa')
X = data

plt_scatter(X, 'Podatek_paliwowy',y)
plt_scatter(X, 'Sredni_przychod',y)
plt_scatter(X, 'Utwardzone_autostrady',y)
plt_scatter(X, 'Procent_ludnosci_z_prawem_jazdy',y)

X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, train_size = 0.3, test_siz

regressor = LinearRegression()
regressor.fit(X_train, y_train)

y_pred = regressor.predict(X_test)

d = {'y_pred': y_pred, 'y_test': y_test}
df = pd.DataFrame(data=d)
df.set_axis(list(range(1,len(y_pred)+1)), axis=0, inplace=True)
print('\n{}\n'.format(df))

reg_inter = regressor.intercept_
score = regressor.score(X_test, y_test)

print('\n')
df_c = pd.DataFrame(regressor.coef_, X.columns, columns=['Coefficient'])
print(df_c)
print('\nIntercept: {}'.format(reg_inter))

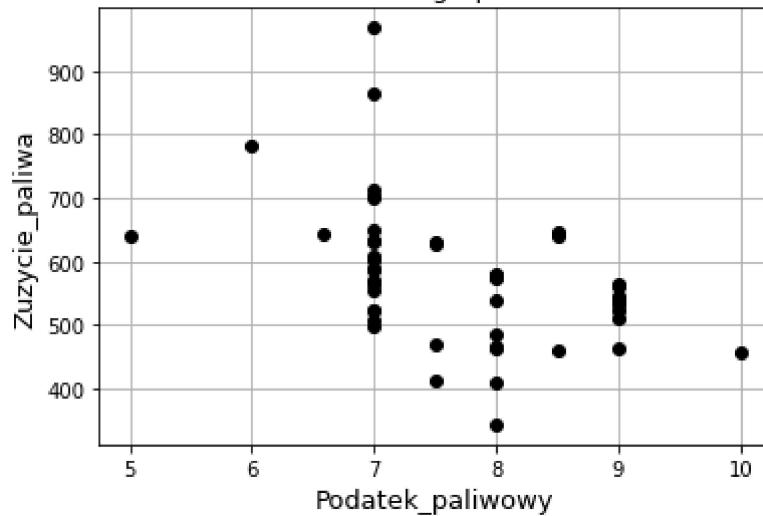
plt_scatter_line(X_test,'Podatek_paliwowy', y_test, y_pred,)
plt_scatter_line(X_test,'Sredni_przychod', y_test, y_pred)
plt_scatter_line(X_test,'Utwardzone_autostrady', y_test, y_pred)
plt_scatter_line(X_test,'Procent_ludnosci_z_prawem_jazdy', y_test, y_pred)

mae = mean_absolute_error(y_test, y_pred)
mse = mean_squared_error(y_test, y_pred)
rmse = sqrt(mean_squared_error(y_test, y_pred))
print('Accuracy: {}%\n'.format(abs(round(100*score,1))))
print('Mean Absolute Error: {}'.format(round(np.mean(mae),2)))
print('Mean Squared Error: {}'.format(round(np.mean(mse),2)))
print('Root Mean Squared Error: {}'.format(round(np.mean(rmse),2)))
```

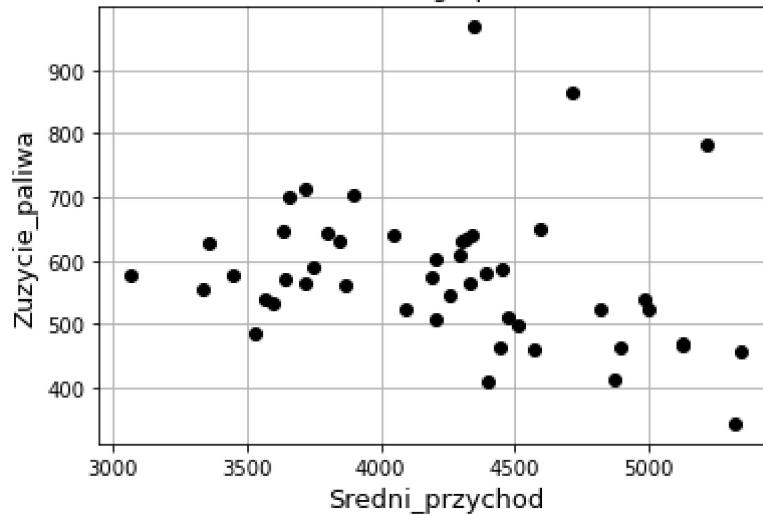
	Podatek_paliwowy	Sredni_przychod	Utwardzone_autostrady	\
count	48.000000	48.000000	48.000000	
mean	7.668333	4241.833333	5565.416667	
std	0.950770	573.623768	3491.507166	
min	5.000000	3063.000000	431.000000	
25%	7.000000	3739.000000	3110.250000	
50%	7.500000	4298.000000	4735.500000	
75%	8.125000	4578.750000	7156.000000	
max	10.000000	5342.000000	17782.000000	
	Procent_ludnosci_z_prawem_jazdy	Zuzycie_paliwa		
count	48.000000	48.000000		
mean	0.570333	576.770833		

std	0.055470	111.885816
min	0.451000	344.000000
25%	0.529750	509.500000
50%	0.564500	568.500000
75%	0.595250	632.750000
max	0.724000	968.000000

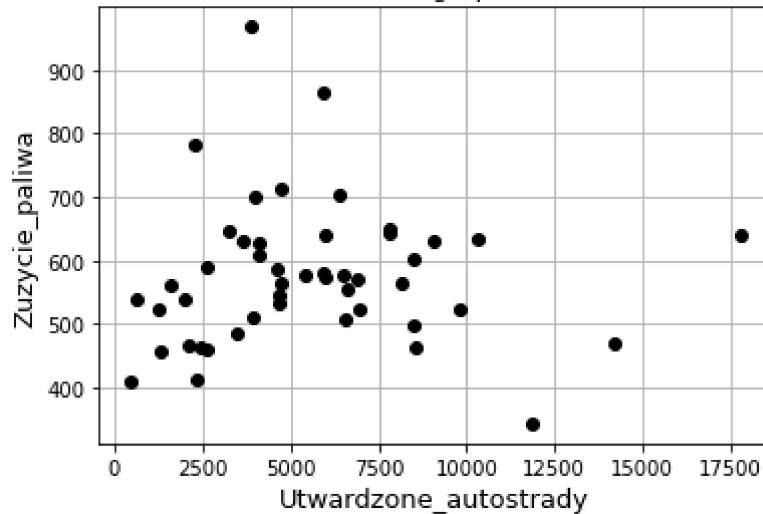
Data graph

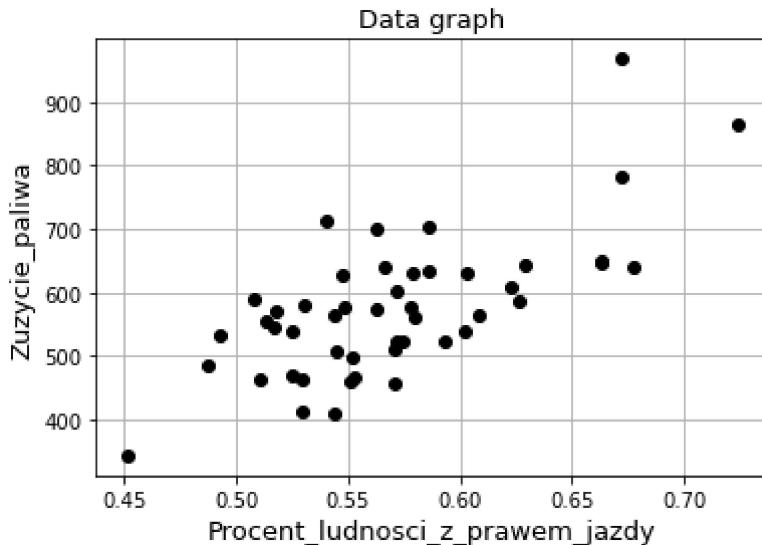


Data graph



Data graph

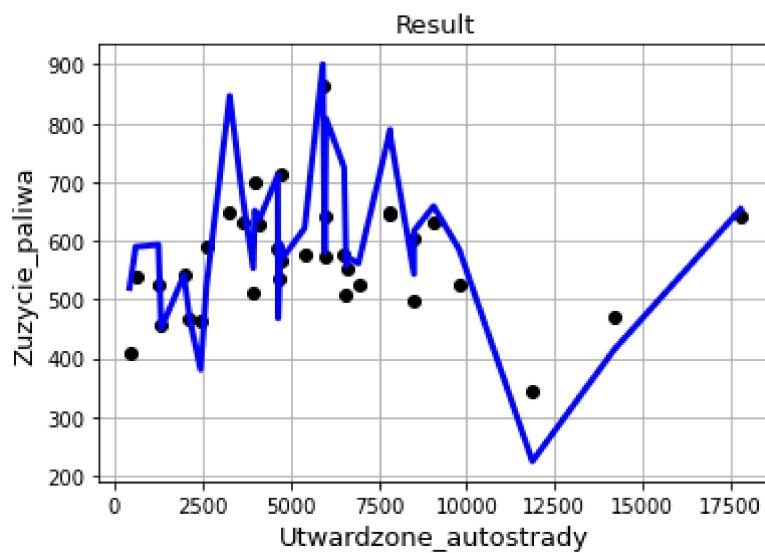
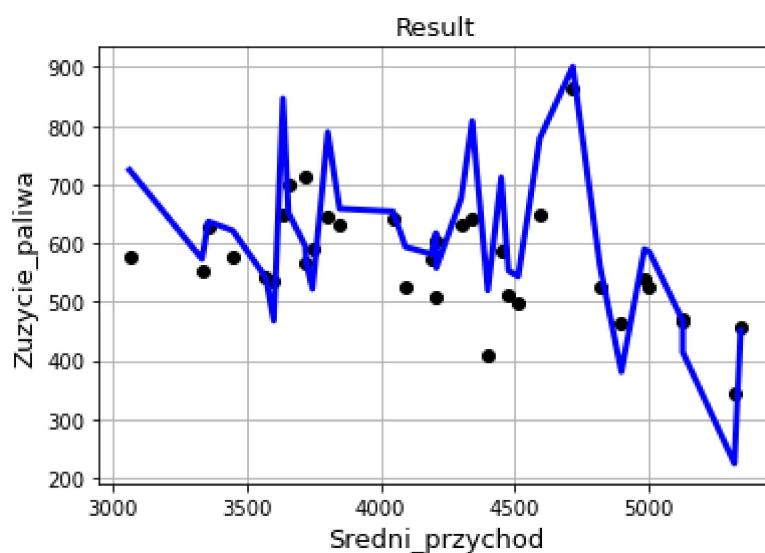
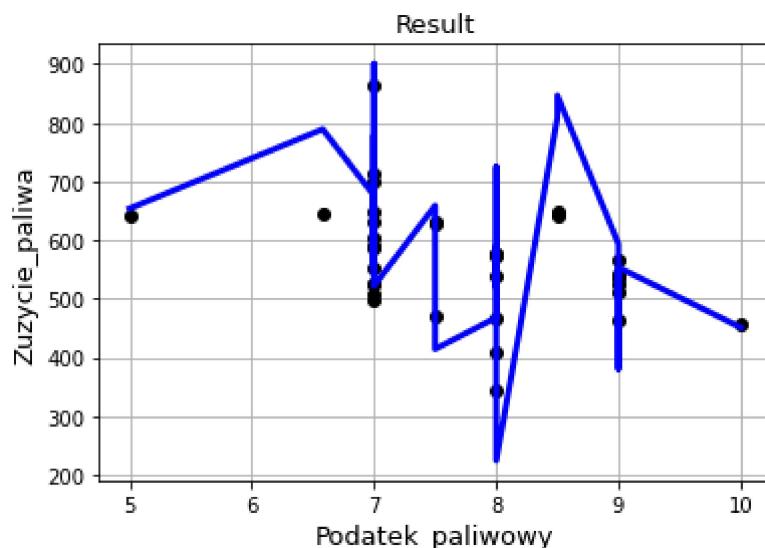


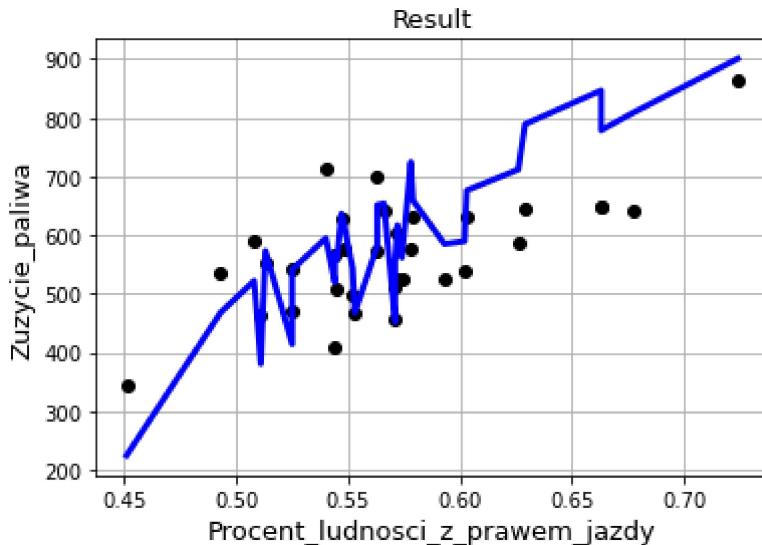


	y_pred	y_test
1	224.516550	344
2	581.555808	574
3	724.662017	577
4	621.204489	577
5	651.406304	699
6	584.863355	524
7	451.284954	457
8	711.873032	587
9	900.624965	865
10	573.143114	554
11	541.406096	541
12	414.381707	471
13	653.872361	640
14	594.807534	714
15	522.122476	591
16	788.971654	644
17	636.810162	628
18	468.009912	467
19	553.492695	510
20	778.684652	649
21	568.170911	566
22	807.904740	640
23	589.656002	540
24	557.710496	508
25	593.532750	524
26	519.640515	410
27	561.535813	525
28	846.590359	648
29	380.715227	464
30	468.040134	534
31	543.026067	498
32	658.703628	631
33	616.892491	603
34	676.091243	632

	Coefficient
Podatek_paliwowy	-17.558611
Sredni_przychod	-0.097991
Utwardzone_autostrady	-0.000081
Procent_ludnosci_z_prawem_jazdy	2194.067091

Intercept: -102.36704567867139





Accuracy: 25.2%

Mean Absolute Error: 63.63  
 Mean Squared Error: 6778.18  
 Root Mean Squared Error: 82.33

## Zadanie 2 - wnioski

Dla tego modelu wyniki są dużo gorsze w porównaniu do poprzednich przykładów. Dokładność spadła do 25.2%.

Walicacja uzyskanych predykcji pokazuje następujące błędy:

- średni błąd bezwzględny (Mean Absolute Error) wynosi 63.63
- błąd średniokwadratowy (Mean Squared Error) wynosi 6778.18
- pierwiastek błędu średniokwadratowego (Root Mean Squared Error) wynosi 82.33

Wartość średnia zmiennej zależnej: 576.77

Model pozwala więc w dużo niższym stopniu poprawności na przewidzenie wartości zmiennej. Najprawdopodobniej jest to związane z tym, że zmienna zależna oraz predyktory nie do końca mają na siebie istotny wpływ w rzeczywistości. Inne czynniki mogą mieć dużo większy wpływ na ich wartości, co może skutkować pewną losowością w badanym modelu.

In [ ]:

## Regresja logistyczna

Naturalnym rozwojem modeli liniowych, są uogólnione modele liniowe (*generalized linear models*).

Ich przewodnią ideą jest to, że zamiast reprezentować zmienną zależną jako kombinację liniową niezależnych, staramy się stworzyć model liniowy pewnej funkcji zmiennej zależnej.

$$f(y) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n$$

wymaga się, aby funkcja ta była odwracalna, dzięki czemu

$$y = f^{-1}(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n)$$

Takie przekształcenie stosujemy wtedy, gdy zbiór wartości zmiennej zależnej nie jest całym zbiorem liczb rzeczywistych tylko jest w jakiś sposób ograniczony. Na przykład do przedziału  $[0, 1]$ , do wartości dodatnich lub wartości całkowitych. W ten sposób można wybrać funkcję  $f$ , której dziedziną jest zbiór wartości  $y$  zaś obrazem jest zbiór liczb rzeczywistych.

Jedną z takich funkcji jest tzw. funkcja logistyczna, która odpowiada zbiorowi  $[0, 1]$  przez co często jest wykorzystywana do analizy prawdopodobieństwa przynależności do danej klasy, lub też inaczej jako klasyfikator.

W takiej sytuacji zmienne zależne powinny przyjmować wyłącznie wartości 0 i 1 co odpowiada temu czy dany punkt należy do interesującej klasy. Model logistyczny pozwala na określenie estymaty prawdopodobieństwa, czy punkt należy czy nie do danej klasy.

Do tworzenia modeli logistycznych służy klasa: `LogisticRegression`

## Zadanie 3

Na podstawie danych zawartych w pliku HEART.csv wykonaj i oceń regresję logistyczną, gdzie Twoją daną zależną jest kolumna "num". Wykonanie zadania powinno składać się z następujących kroków:

1. Zimportowanie niezbędnych bibliotek w szczególności tych tworzących modele liniowe z "scikit-learn", a także biblioteki do operacji na danych oraz tworzenia wykresów.
2. Odczytanie danych z pliku HEART.csv. Pomocne w interpretacji danych są metody: `head()`, `describe()`, `shape`.
3. Przetworzenie danych, tj: oznaczenie braku danych ("?") na NaN, usunięcie kolumn zawierających zbyt dużo brakujących danych (3 kolumny), usunięcie wierszy z brakującymi wartościami.
4. Zakoduj niezależne zmienne kategorialne np: jako wartości "dummy", za pomocą metody `get_dummies()`. Zmienne kategorialne to takie, które reprezentują przynależność do kategorii. W przypadku naszych odfiltrowanych danych będą to kolumny: cp, restecg, fbs, sex, exang. Jako, że trzy ostatnie już zapisane są w formie 0 i 1 tylko cp i restecg wymagają tej operacji.
5. Dokonaj podziału danych na zbiory danych niezależnych (wejściowe, X) oraz zależnych (wyjściowe, y) dla swojego modelu, a następnie podziel zbiór na dane testowe i treningowe (20%).
6. Utwórz model regresji logistycznej.
7. Oceń wynik za pomocą dostępnych metryk (np: metody związane z modelem czy `classification_report()` z `sklearn`)

Możesz również spróbować ustandaryzować dane (np: poprzez skalowanie) po podziale na zbiory treningowy i testowy.

In [7]:

```
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
from sklearn.linear_model import LogisticRegression
from sklearn.metrics import classification_report, accuracy_score, RocCurveDisplay

def get_data(data, col_numeric, col_cat, scaler):
    X_num = scaler.transform(data[col_numeric])
    X_cat = data[col_cat].to_numpy()
    X = np.hstack((X_cat, X_num))
```

```
y = data['num']  
return X, y
```

In [8]:

```
data = pd.read_csv('HEART.csv', sep=',')  
  
data.replace('?', np.nan, inplace=True)  
del data['slope']  
del data['ca']  
del data['thal']  
data = data.dropna()  
data.set_axis(list(range(0, len(data))), axis=0, inplace=True)  
  
print('Data details after tidy:')
```

	age	sex	cp	oldpeak	num
count	261.000000	261.000000	261.000000	261.000000	261.000000
mean	47.770115	0.735632	3.003831	0.612261	0.375479
std	7.842244	0.441843	0.970718	0.931914	0.485177
min	28.000000	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000
25%	42.000000	0.000000	2.000000	0.000000	0.000000
50%	49.000000	1.000000	3.000000	0.000000	0.000000

```
print(data.describe())  
  
data = pd.get_dummies(data=data, columns=['cp', 'restecg'], drop_first=True)  
  
col_numeric = ['age', 'trestbps', 'chol', 'thalach', 'oldpeak']  
col_cat = list(set(data.columns) - set(col_numeric) - {'num'})  
col_cat.sort()  
  
data_train, data_test = train_test_split(data, train_size = 0.2, test_size = 0.8, ra  
  
scaler = StandardScaler()  
scaler.fit(data_train[col_numeric])  
X, y = get_data(data_train, col_numeric, col_cat, scaler)  
  
regressor = LogisticRegression(penalty='none', max_iter=10000)  
regressor.fit(X, y)  
  
X_test, y_test = get_data(data_test, col_numeric, col_cat, scaler)  
  
y_pred = regressor.predict(X_test)  
  
print('\nCoefficients List:')
```

variable	coefficient
intercept	intercept
age	0.000000
trestbps	-0.000000
chol	0.000000
thalach	0.000000
oldpeak	0.000000

```
print('Odchylenia standardowe:')
```

variable	unit
age	0.842244
trestbps	0.441843
chol	0.970718
thalach	0.931914
oldpeak	0.485177

```
print('\nClassification Report:')
```

```
print(classification_report(y_test, y_pred))  
  
RocCurveDisplay.from_estimator(regressor, X_test, y_test)  
plt.title('ROC curve')  
plt.show()  
PrecisionRecallDisplay.from_estimator(regressor, X_test, y_test)  
plt.title('Precision recall curve')  
plt.show()  
ConfusionMatrixDisplay.from_estimator(regressor, X_test, y_test)  
plt.title('Confusion Matrix')  
plt.show()
```

Data details after tidy:

	age	sex	cp	oldpeak	num
count	261.000000	261.000000	261.000000	261.000000	261.000000
mean	47.770115	0.735632	3.003831	0.612261	0.375479
std	7.842244	0.441843	0.970718	0.931914	0.485177
min	28.000000	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000
25%	42.000000	0.000000	2.000000	0.000000	0.000000
50%	49.000000	1.000000	3.000000	0.000000	0.000000

75%	54.000000	1.000000	4.000000	1.000000	1.000000
max	65.000000	1.000000	4.000000	5.000000	1.000000

## Coefficients List:

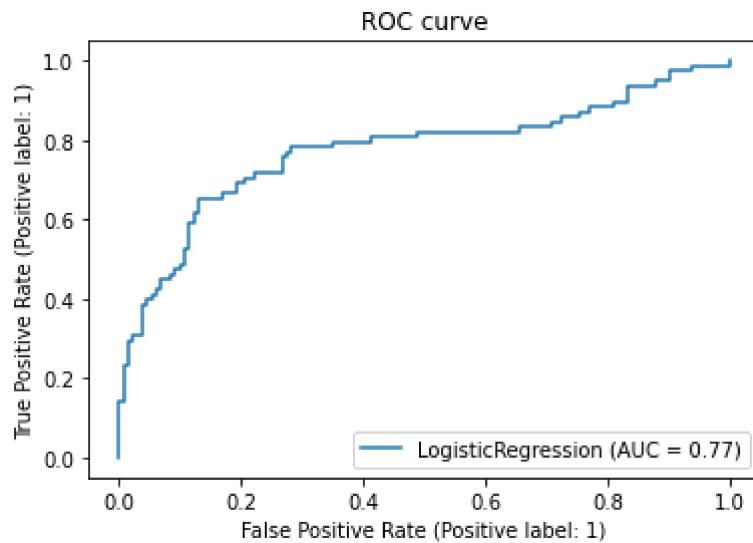
	variable	coefficient
0	intercept	-4.851120
1	cp_2	1.636988
2	cp_3	-12.078512
3	cp_4	5.590403
4	exang	2.303139
5	fbs	-1.728128
6	restecg_1	-3.532744
7	restecg_2	0.000000
8	sex	-0.054406
9	age	1.856476
10	trestbps	-0.366961
11	chol	1.648226
12	thalach	0.974018
13	oldpeak	1.254672

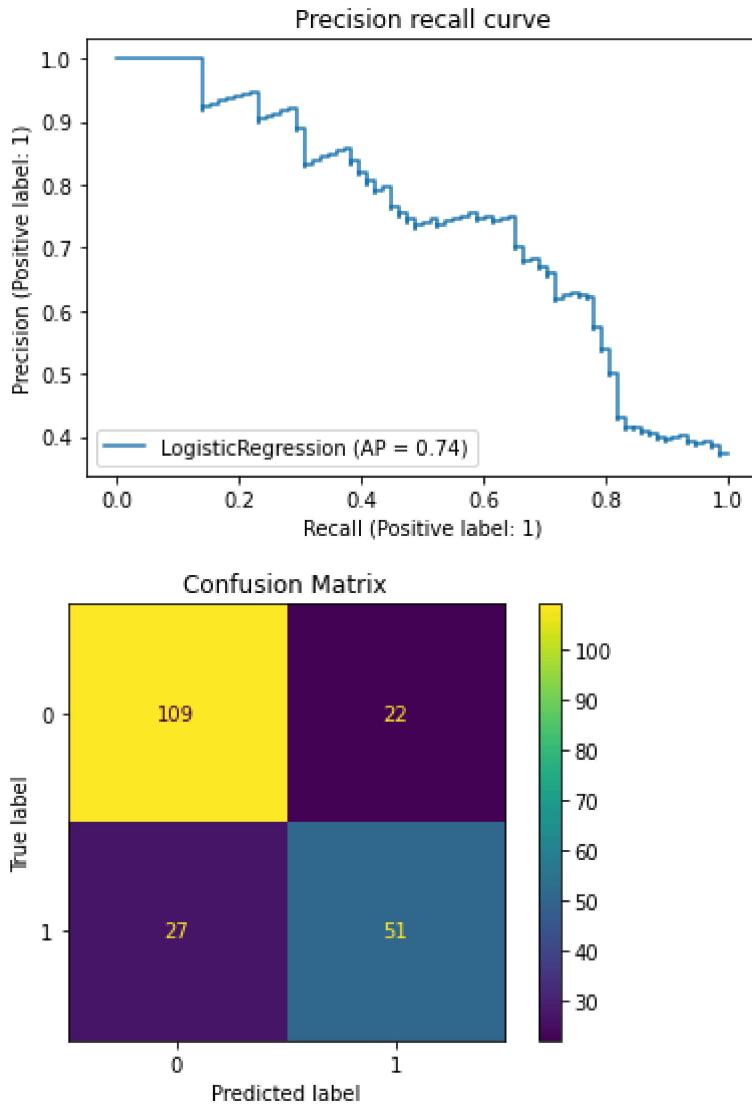
## Odchylenia standardowe:

	variable	unit
0	age	7.184050
1	trestbps	13.825666
2	chol	76.640527
3	thalach	20.604905
4	oldpeak	0.873678

## Classification Report:

	precision	recall	f1-score	support
0	0.80	0.83	0.82	131
1	0.70	0.65	0.68	78
accuracy			0.77	209
macro avg	0.75	0.74	0.75	209
weighted avg	0.76	0.77	0.76	209





### Zadanie 3 - wnioski

Po podziale na zbiór treningowy i testowy dane zostały ustandaryzowane (poprzez skalowanie za pomocą StandardScaler()) Po utworzeniu klasy StandardScaler(), obliczono średnią i odchylenie standardowe do skalowania zmiennych niekategoryalnych. Następnie stworzono funkcję, która kolejno wykonywała standaryzację kolumn, przekształcała listę w tablicę NumPy, łączyła obie tablice oraz zwracała potrzebne X, y.

Narysowany wykres krzywej ROC jest graficzną reprezentacją efektywności modelu predykcyjnego poprzez wykreślenie charakterystyki jakościowej klasyfikatorów binarnych powstały z modelu przy zastosowaniu wielu różnych punktów odcięcia. Klasyfikator teoretycznie idealny reprezentowany jest przez punkt (0,1).

Narysowany wykres krzywej Precision Recall przedstawia jak zmienia się Precision w zależności od Recall. Precision odpowiada za dokładność rozpoznania w obrębie klasy, natomiast recall za rozpoznanie ilości elementów z klasy. Dla klasyfikatora idealnego precision niezależnie od wartości recall powinno wynosić 1.

W tabeli Classification Report istnieje również wartość f1-score. Jest ona średnią harmoniczną dla wartości Precision oraz Recall. Precision i Recall można policzyć dla każdej klasy z osobna i otrzymać dwie wartości f1. Chcąc mieć jedną liczbę dla klasyfikatora binarnego można dokonać uśrednienia dwóch wartości f1. Obliczona wartość to macro average F1.

Narysowana macierz błędu (Confusion Matrix) powstaje z przecięcia klasy prognozowanej i klasy faktycznie zaobserwowanej, co daje 4 przypadki (2 dla zgodności i 2 dla niezgodności prognozy ze stanem faktycznym). Oznaczenia kolejnych pól:

- pole (0,0) - prawdziwie pozytywna: przewidywanie pozytywne, faktycznie zaobserwowana klasa pozytywna
- pole (0,1) - fałszywie pozytywna: przewidywanie pozytywne, faktycznie zaobserwowana klasa negatywna
- pole (1,0) - fałszywie negatywna: przewidywanie negatywne, faktycznie zaobserwowana klasa pozytywna
- pole (1,1) - prawdziwie negatywna: przewidywanie negatywne, faktycznie zaobserwowana klasa negatywna

Podsumowując, dla badanego modelu wyniki są dosyć zadowalające. Dokładność wyniosła 77%. Większość prognoz była zatem poprawna.

In [ ]: