Programowanie Python 1

(CP1S02005)

Politechnika Białostocka - Wydział Elektryczny

Cyfryzacja przemysłu, sem. II, studia stacjonarne I stopnia

Rok akademicki 2023/2024

Wykład nr 13 (05.06.2024)

dr inż. Jarosław Forenc

Plan wykładu nr 13

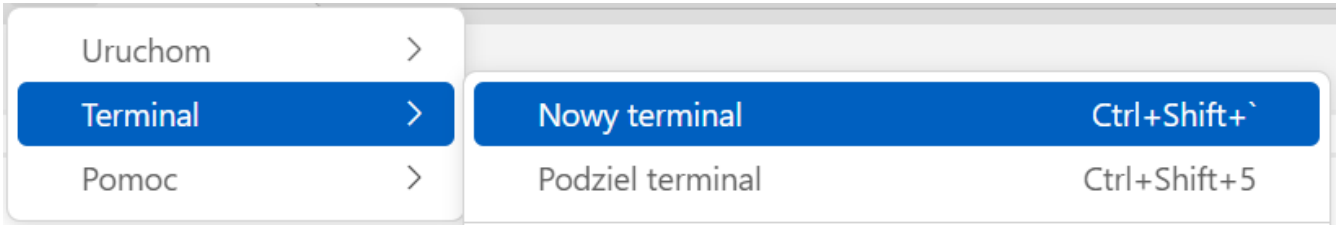
- Biblioteka NumPy
  - instalacja, tworzenie tablic
  - odwołania do elementów
  - operacje i funkcje arytmetyczne
- Biblioteka Matplotlib
  - instalacja, wykresy liniowe
  - opisywanie wykresów, sposób rysowania linii
  - wykresy punktowe, słupkowe, histogramy, kołowe
- Biblioteka SciPy
  - instalacja, moduły

NumPy - podstawowe informacje

- NumPy (Numerical Python) - wydajna biblioteka numeryczna umożliwiająca tworzenie obiektów reprezentujących wielowymiarowe tablice oraz dostarczająca funkcji do wykonywania operacji na tych tablicach
- strona internetowa: https://numpy.org/ (EN)
- NumPy umożliwia wykonywanie obliczeń tylko na CPU (do obliczeń na GPU konieczne jest zastosowanie innych bibliotek, np. CuPy)
- API NumPy jest stosowane w innych pakietach: Matplotlib, SciPy, Pandas
- cechy charakterystyczne tablic w NumPy:
  - tablice są stałej wielkości - nie można zmieniać ich rozmiaru po utworzeniu
  - tablice przechowują elementy tego samego typu, np. liczby całkowite, liczby zmiennoprzecinkowe
- tablice NumPy są szybsze niż listy w Pythonie i zużywają mniej pamięci do przechowywania danych

NumPy - instalacja

- w edytorze Visual Studio Code wybieramy w menu głównym:
  Terminal → Nowy terminal



- wpisanie: pip install numpy spowoduje ściągnięcie i instalację NumPy

```
PS C:\Users\jaros> pip install numpy
Collecting numpy
  Downloading numpy-1.26.4-cp312-cp312-win_amd64.whl.metadata (61 kB)
     ---------------------------------------- 61.0/61.0 kB 466.1 kB/s eta 0:00:00
  Downloading numpy-1.26.4-cp312-cp312-win_amd64.whl (15.5 MB)
     ---------------------------------------- 15.5/15.5 MB 29.7 MB/s eta 0:00:00
Installing collected packages: numpy
Successfully installed numpy-1.26.4
```

NumPy - tworzenie tablic, funkcja array()

- zastosowanie biblioteki NumPy w programie wymaga jej importowania

```
import numpy as np
```

- np - skrócona nazwa biblioteki, zalecane jest stosowanie tej nazwy
- tworzenie tablicy z zastosowaniem funkcji array() i listy jednowymiarowej

```
arr = np.array([1, 2, 3, 4, 5])
print(arr)
```

```
[1 2 3 4 5]
```

```
arr = np.array([2.5127, -4, 3.6])
print(arr)
```

```
[ 2.5127 -4.     3.6   ]
```

NumPy - tworzenie tablic, rank, shape, axes

- tworzenie tablicy z zastosowaniem funkcji array() i listy wielowymiarowej

```
arr = np.array([[1, 2, 3, 4], [5, 6, 7, 8]])
print(arr)
```

```
[[1 2 3 4]
 [5 6 7 8]]
```

- pojęcia stosowane w odniesieniu do tablic (rozmiary tablic):
  - rząd tablicy (rank) - liczba wymiarów tablicy (np. dla macierzy rank to 2)
  - kształt tablicy (shape) - liczba wymiarów i elementów wzdłuż każdego wymiaru, reprezentowany jest w postaci krotki nieujemnych liczb całkowitych, które określają rozmiary każdego wymiaru
  - osie tablicy (axes) - kierunki w wielowymiarowej tablicy, wzdłuż których wykonywane są operacje (pierwszy wymiar to 0, drugi wymiar to 1, itd.), np. arr - dwie osie, pierwsza oś ma długość 2, druga oś ma długość 3

NumPy - rank, shape, axes

```
import numpy as np

arr1D = np.array([1,2,3,4,5])
arr2D = np.array([[1,2,3],[4,5,6]])
print(arr1D)
print(f"arr1D: rank = {arr1D.ndim}, shape = {arr1D.shape}")
print(arr2D)
print(f"arr2D: rank = {arr2D.ndim}, shape = {arr2D.shape}")
print(f"suma kolumn (axis=0)  = {arr2D.sum(axis=0)}")
print(f"suma wierszy (axis=1) = {arr2D.sum(axis=1)}")
```

```
[1 2 3 4 5]
arr1D: rank = 1, shape = (5,)
[[1 2 3]
 [4 5 6]]
arr2D: rank = 2, shape = (2, 3)
suma kolumn (axis=0)  = [5 7 9]
suma wierszy (axis=1) = [ 6 15]
```

NumPy - tworzenie tablic o stałej wartości

- np.zeros() - tworzy tablicę, w której wszystkie elementy wynoszą 0 (zero)

```
zeros(shape, dtype=float, order='C')
```

- shape - kształt nowej tablicy, jako liczba lub krotka liczb
- dtype - opcjonalny typ danych elementów tablicy (domyślnie float)
- order - opcjonalny sposób rozmieszczenia elementów w pamięci
  (C - wierszami, F - kolumnami, jak w Fortranie)

```
arr = np.zeros((3,6))
print(arr)
```

```
[[0. 0. 0. 0. 0. 0.]
 [0. 0. 0. 0. 0. 0.]
 [0. 0. 0. 0. 0. 0.]]
```

NumPy - tworzenie tablic o stałej wartości

- np.ones() - tworzy tablicę, w której wszystkie elementy wynoszą 1 (jeden)

```
arr = np.ones((2,4))
print(arr)
```

```
[[1. 1. 1. 1.]
 [1. 1. 1. 1.]]
```

- np.empty() - tworzy tablicę bez inicjalizowania jej elementów (mogą to być wartości przypadkowe)

```
arr = np.empty((2,4))
print(arr)
```

```
[[0.00e+000 0.00e+000 0.00e+000 0.00e+000]
 [0.00e+000 1.78e-321 0.00e+000 0.00e+000]]
```

NumPy - tworzenie tablic o stałej wartości

- np.arange() - generuje tablicę z wartościami w określonym zakresie, podobnie jak funkcja range(start, stop, step)

```
print(np.arange(5))
print(np.arange(5,9))
print(np.arange(1,10,2))
```

```
[0 1 2 3 4]
[5 6 7 8]
[1 3 5 7 9]
```

- np.linspace(start, stop, num=50) - generuje tablicę z wartościami równomiernie rozmieszczonymi w określonym przedziale

```
print(np.linspace(1, 10, num=6))
```

```
[ 1.   2.8  4.6  6.4  8.2 10. ]
```

NumPy - tworzenie tablic z wartościami losowymi

- do generowania liczb losowych stosowany jest moduł np.random
- np.random.rand() lub np.random.random() - generuje losowe liczby z rozkładu jednostajnego z przedziału [0, 1)
- np.random.randint() - generuje losowe liczby całkowite z podanego przedziału, włączając dolną wartość, ale wyłączając górną
- np.random.seed() - ustala wartość początkową dla generatora, umożliwiając otrzymanie powtarzalnych wyników

```
print(np.random.random(3))
print(np.random.rand(2,3))
print(np.random.randint(2,9,10))
```

```
[0.12618219 0.01468085 0.40756073]
[[0.53353022 0.68664792 0.69271609]
 [0.50939703 0.78763989 0.76998518]]
[8 7 4 2 4 2 8 2 6 5]
```

NumPy - łączenie tablic

- np.concatenate() - służy do łączenia dwóch lub więcej tablic wzdłuż określonej osi

```
arr1 = np.array([1,2,3,4,5])
arr2 = np.array([6,7,8,9,0])
arr = np.concatenate((arr1,arr2))
print(arr)
```

```
[1 2 3 4 5 6 7 8 9 0]
```

```
arr1 = np.array([[1,2],[3,4]])
arr2 = np.array([[5,6]])
arr = np.concatenate((arr1,arr2),axis=0)
print(arr)
```

```
[[1 2]
 [3 4]
 [5 6]]
```

NumPy - odwołania do elementów tablic

- odwołania do elementów tablic jednowymiarowych wyglądają tak samo jak odwołania do elementów list, indeksy rozpoczynają się od 0

```
arr = np.array([1,2,3,4,5])
print(arr[0])
print(arr[3])
print(arr[-1])
```

```
1
4
5
```

- w przypadku tablic dwuwymiarowych używa się dwóch indeksów (numer wiersza i numer kolumny)

```
arr = np.array([[1,2,3,4],[5,6,7,8]])
print(arr)
print(arr[0,0])
print(arr[0,2])
print(arr[1,3])
```

```
[[1 2 3 4]
 [5 6 7 8]]
1
3
8
```

NumPy - odwołania do elementów tablic

- można stosować wycinki (slices) w indeksach

```
nazwa [indeks_początkowy : indeks_końcowy : krok]
```

```
arr = np.array([1,2,3,4,5])
print(arr[0:2])
print(arr[1:])
print(arr[-2:])
```

```
[1 2]
[2 3 4 5]
[4 5]
```

```
arr = np.array([[1,2,3,4],[5,6,7,8]])
print(arr)
print(arr[:,0:3])
print(arr[0,2:])
```

```
[[1 2 3 4]
 [5 6 7 8]]
[[1 2 3]
 [5 6 7]]
[3 4]
```

NumPy - operacje arytmetyczne

- do wykonania podstawowych operacji arytmetycznych można zastosować operatory: +, -, *, /

```
a = np.array([1,2])
b = np.array([3,4])
print(a+b)
print(a-b)
print(a*b)
print(a/b)
```

```
[4 6]
[-2 -2]
[3 8]
[0.33333333 0.5       ]
```

- jeśli jednym z argumentów jest skalar, to operacja wykonywana jest na każdym elemencie (wykonywany jest tzw. broadcast)

```
arr = np.array([[1,2],[3,4]])
print(arr * 0.5)
```

```
[[0.5 1. ]
 [1.5 2. ]]
```

NumPy - funkcje matematyczne

- wynikiem poniższych funkcji jest skalar:
  - np.sum() - suma elementów tablicy
  - np.mean() - średnia arytmetyczna elementów tablicy
  - np.median() - mediana elementów tablicy
  - np.min() - wartość najmniejszego elementu tablicy
  - np.max() - wartość największego elementów tablicy

```
arr = np.array([[1,2,3],[4,5,6]])
print(f"sum = {np.sum(arr)}")
print(f"mean = {np.mean(arr)}")
print(f"median = {np.median(arr)}")
print(f"min = {np.min(arr)}")
print(f"max = {np.max(arr)}")
```

```
sum = 21
mean = 3.5
median = 3.5
min = 1
max = 6
```

NumPy - funkcje matematyczne

- stosując parametr axis można określić wzdłuż których kierunków wykonywane są operacje

```
arr = np.array([[1,2,3],[4,5,6]])
print(arr)
print(f"sumy wierszy = {np.sum(arr,axis=1)}")
print(f"sumy kolumn  = {np.sum(arr,axis=0)}")
print(f"średnie wierszy = {np.mean(arr,axis=1)}")
print(f"średnie kolumn  = {np.mean(arr,axis=0)}")
```

```
[[1 2 3]
 [4 5 6]]
sumy wierszy = [ 6 15]
sumy kolumn  = [5 7 9]
średnie wierszy = [2. 5.]
średnie kolumn  = [2.5 3.5 4.5]
```

NumPy - inne funkcje

- np.sort(arr) - sortowanie elementów tablicy w kolejności rosnącej
- np.transpose(arr) - transponowanie elementów tablicy
- np.dot(arr1, arr2) - oblicza iloczyn macierzy
- np.linalg.det(arr) - oblicza wyznacznik macierzy
- np.linalg.inv(arr) - oblicza odwrotność macierzy
- np.linalg.solve(A, B) - rozwiązuje układ równań Ax = B
- np.linalg.norm(arr) - oblicza normę wektora lub macierzy

Matplotlib - instalacja

- Matplotlib - biblioteka umożliwiająca wizualizację danych z wykorzystaniem różnego rodzaju wykresów (słupkowe, kołowe, histogramy, mapy)
- strona internetowa: https://matplotlib.org/ (EN)
- szczególnie wydajne jest połączenie możliwości biblioteki z innymi bibliotekami naukowymi, takimi jak NumPy, Pandas czy SciPy
- w celu instalacji biblioteki w edytorze Visual Studio Code wybieramy w menu głównym: Terminal → Nowy terminal i wpisujemy:
  pip install matplotlib
- zastosowanie biblioteki NumPy w programie wymaga jej importowania, zazwyczaj importuje się główny moduł tej biblioteki, czyli pyplot

```
import matplotlib.pyplot as plt
```

Matplotlib - wykres liniowy

- wykresy tworzone są na podstawie tzw. figur (figure)
- figura to kontener zawierający jedną lub więcej osi (axes) - wykres 2D zawiera osie Xi Y, wykres 3D zawiera osie X, Y i Z
- wykresy można opisywać dodając etykiety osi, legendy, tytuły, itp.
- przykład: wykres funkcji y = cos(x)

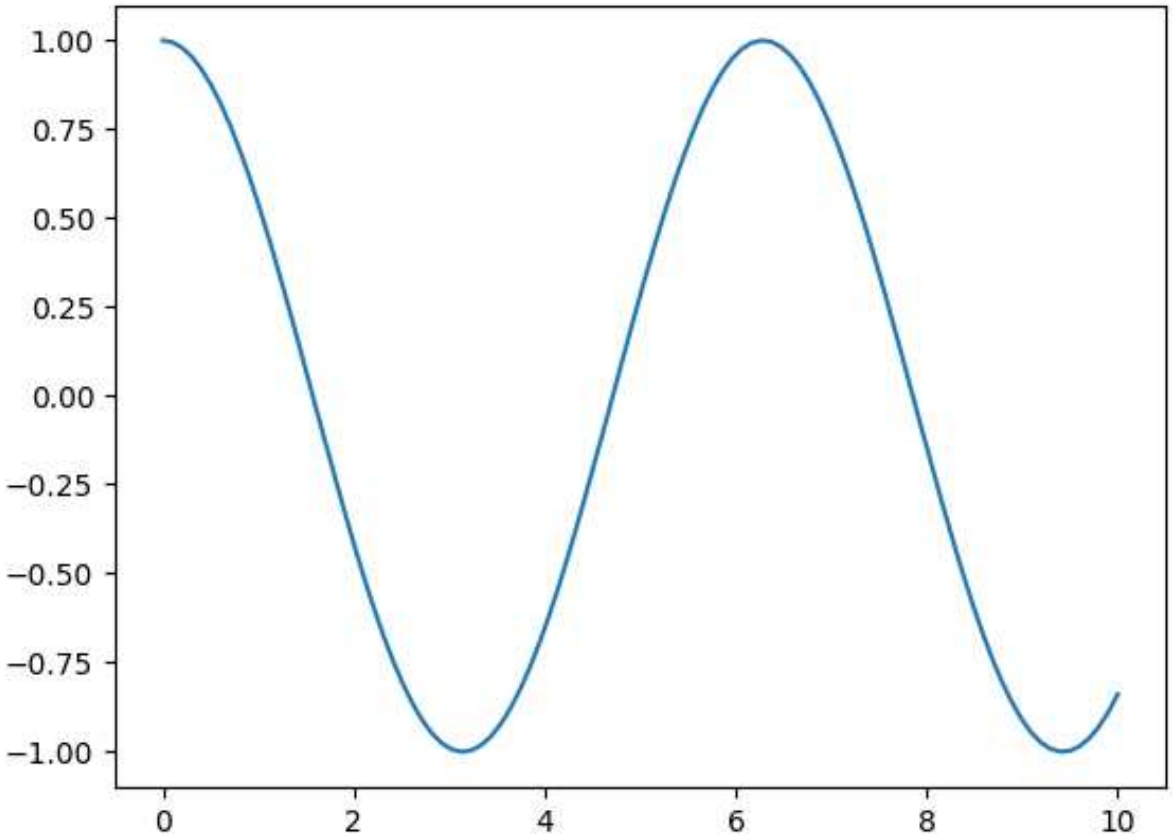
```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

x = np.linspace(0, 10, 100)
y = np.cos(x)

plt.plot(x, y)
plt.show()
```

Matplotlib - wykres liniowy

- wykres funkcji: y = cos(x)



Matplotlib - opisanie wykresu

- plt.title(tekst) - dodaje tytuł wykresu
- plt.xlabel(tekst) - dodaje etykietę osi X
- plt.ylabel(tekst) - dodaje etykietę osi Y
- plt.legend() - wyświetla legendę
- tekst legendy podajemy w funkcji plot() jako label

```
plt.plot(x, y, label="cos(x)")
...
plt.legend()
```

- plt.grid(wartość_logiczna) - włącza/wyłącza wyświetlanie siatki

Matplotlib - wykres liniowy

- wykresy funkcji y = cos(x) z dodatkowymi elementami

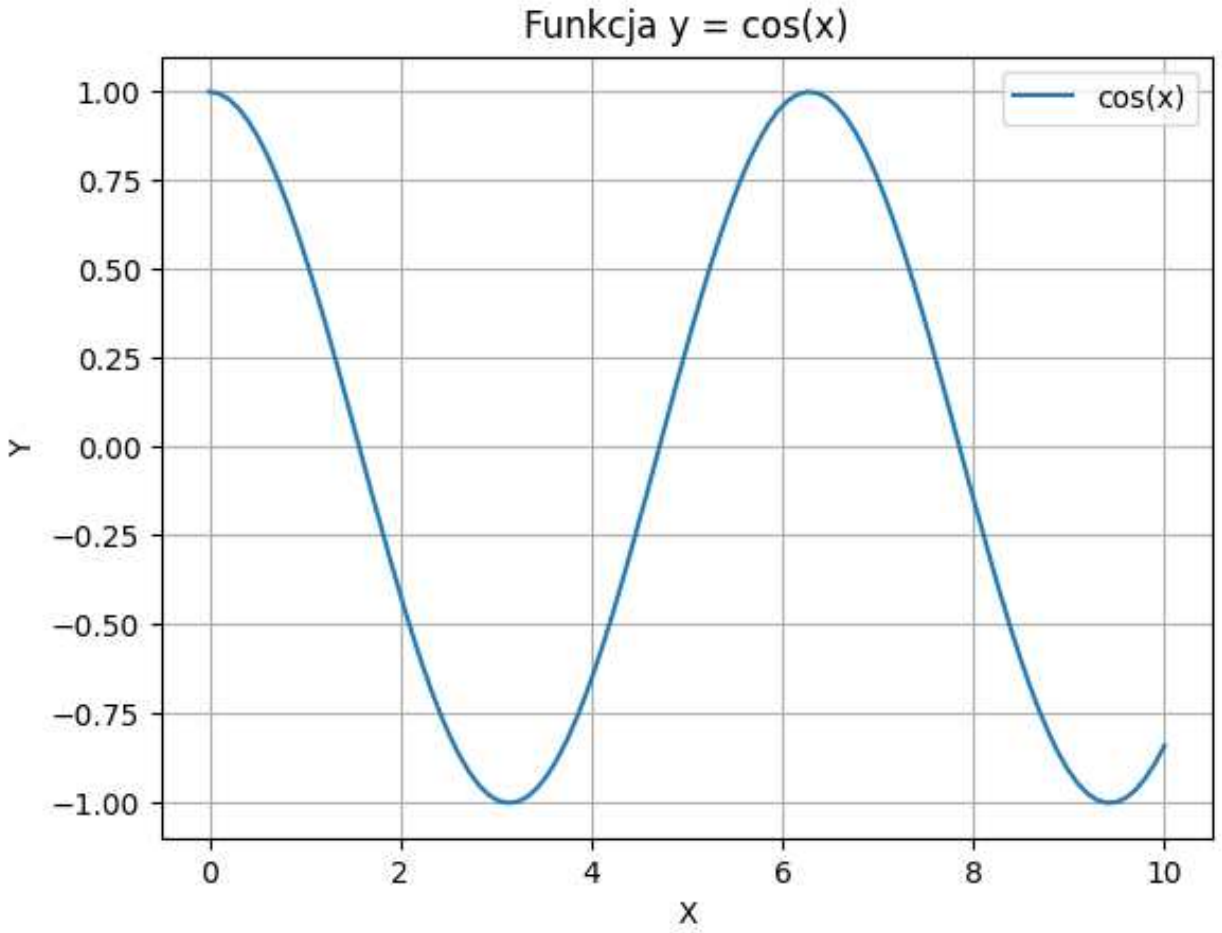
```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

x = np.linspace(0, 10, 100)
y = np.cos(x)

plt.plot(x, y, label="cos(x)")
plt.title("Funkcja y = cos(x)")
plt.xlabel("X")
plt.ylabel("Y")
plt.grid(True)
plt.legend()
plt.show()
```

Matplotlib - wykres liniowy

- wykresy funkcji y = cos(x) z dodatkowymi elementami



Matplotlib - zmiana sposobu rysowania linii

- sposób rysowania linii ustala się w funkcji plt.plot():
  - stosując parametry color, linestyle, marker

```
plt.plot(x, y, color="green", linestyle="--", marker="o")
```

  - stosując format stringu: [marker][linestyle][color]

```
plt.plot(x, y, "o--g")
```

- kolory rysowania linii:
  - "b" - blue
  - "c" - cyan
  - "k" - black
  - "g" - green
  - "m" - magenta
  - "w" - white
  - "r" - red
  - "y" - yellow

Matplotlib - zmiana sposobu rysowania linii

- sposób rysowania linii:
  - "-" solid line style
  - "--" dashed line style
  - "-. " dash-dot line style
  - ": " dotted line style
- znaczniki:
  - "." - point marker
  - "," - pixel marker
  - "o" - circle marker
  - "v" - triangle_down marker
  - "^" - triangle_up marker
  - "<" - triangle_left marker
  - ">" - triangle_right marker
  - "1" - tri_down marker
  - "2" - tri_up marker
  - "3" - tri_left marker
  - "4" - tri_right marker
  - "8" - octagon marker
  - "s" - square marker
  - "p" - pentagon marker
  - "P" - plus (filled) marker
  - "*" - star marker
  - "h" - hexagon1 marker
  - "H" - hexagon2 marker
  - "+" - plus marker
  - "x" - x marker

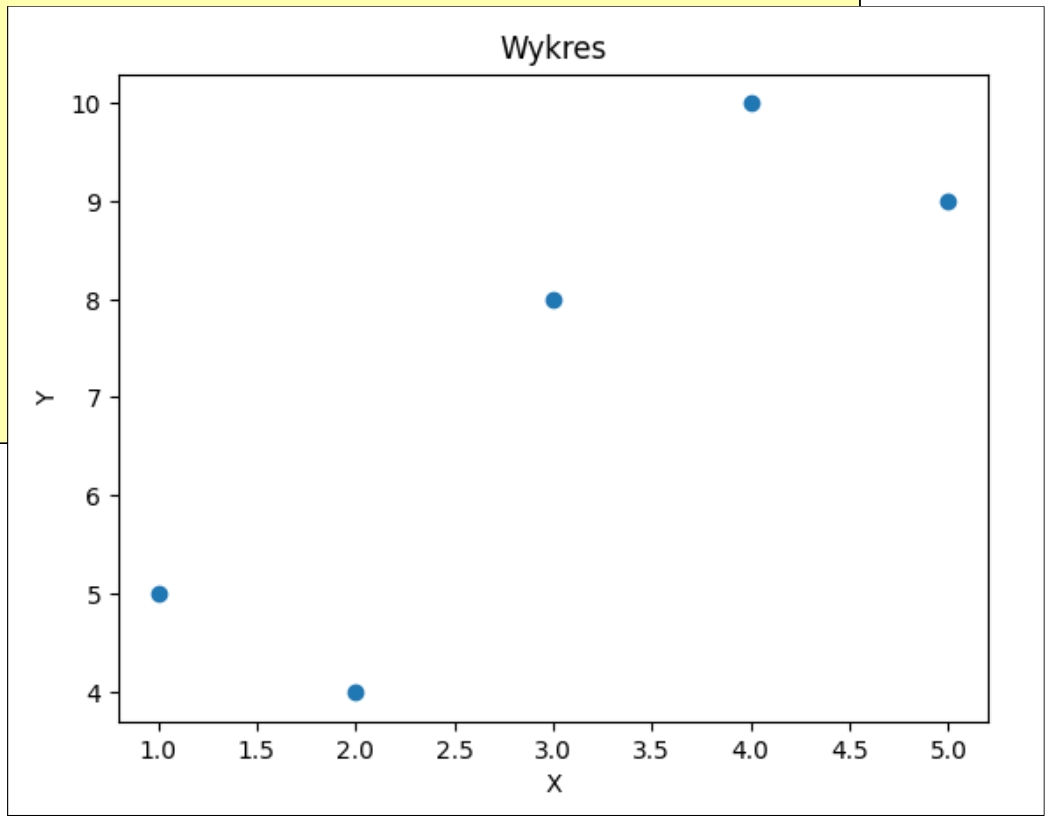
Matplotlib - wykres punktowy (Scatter Plot)

- przedstawia relację między dwoma zestawami danych

```
import matplotlib.pyplot as plt

x = [1, 2, 3, 4, 5]
y = [5, 4, 8, 10, 9]

plt.scatter(x, y)
plt.xlabel("X")
plt.ylabel("Y")
plt.title("Wykres")
plt.show()
```



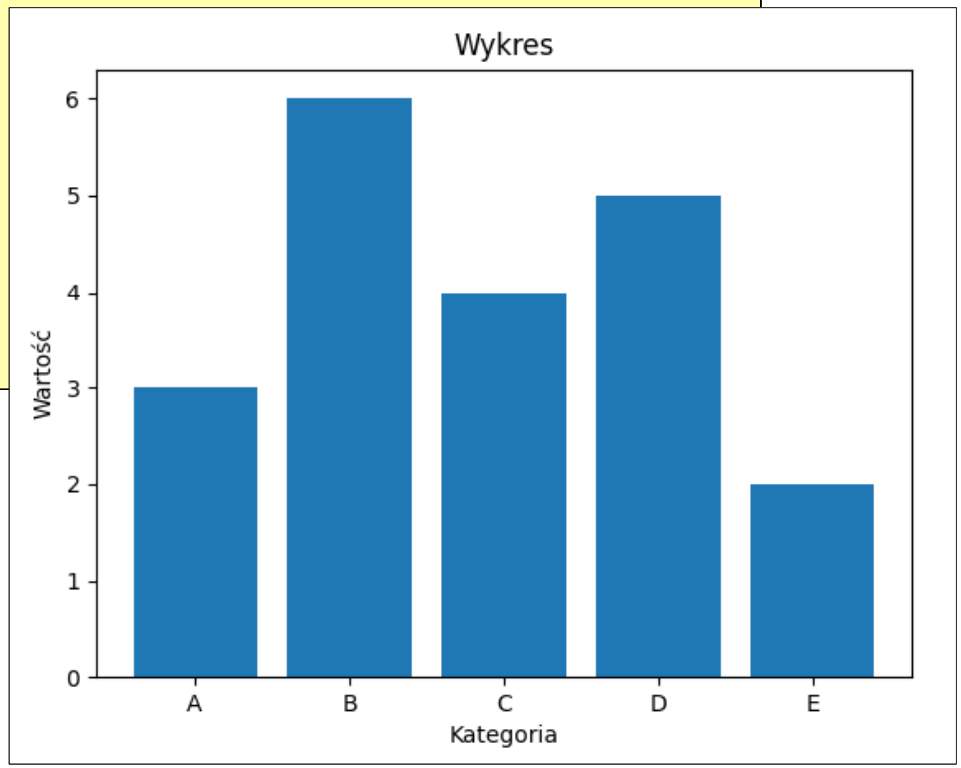
Matplotlib - wykres słupkowy (Bar Plot)

- przedstawia porównanie różnych kategorii

```
import matplotlib.pyplot as plt

kategoria = ['A', 'B', 'C', 'D', 'E']
wartosc = [3, 6, 4, 5, 2]

plt.bar(kategoria, wartosc)
plt.xlabel('Kategoria')
plt.ylabel('Wartość')
plt.title('Wykres')
plt.show()
```



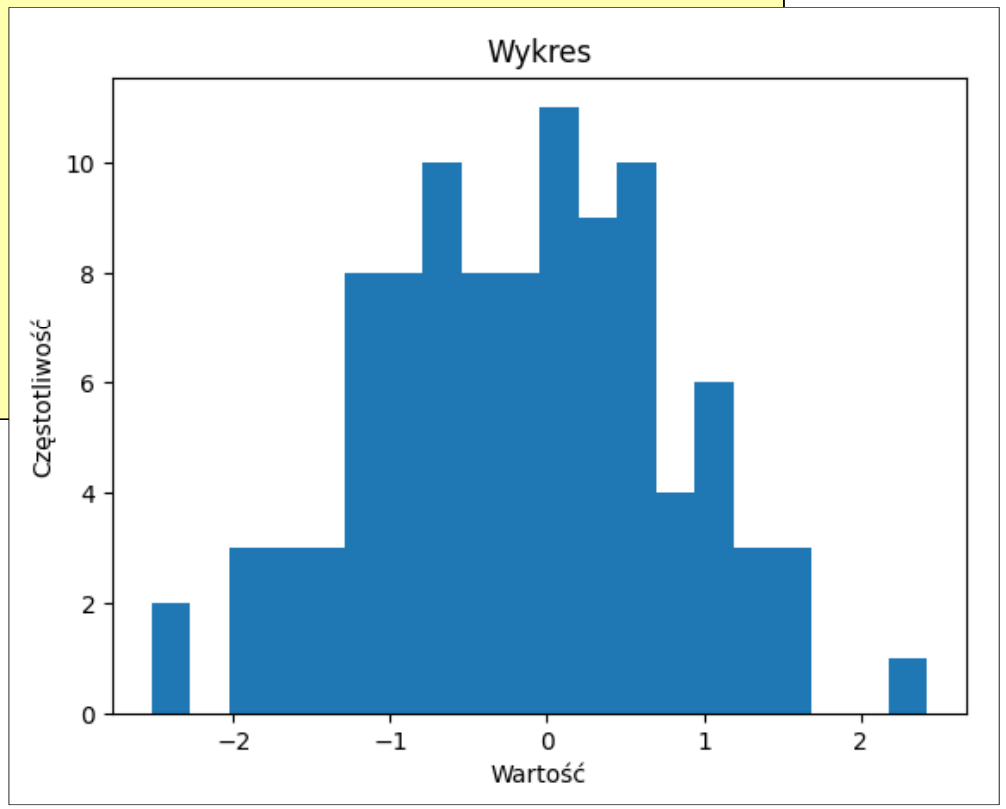
Matplotlib - histogram

- przedstawia rozkład zestawu danych

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

data = np.random.randn(100)

plt.hist(data, bins=30)
plt.xlabel('Wartość')
plt.ylabel('Częstotliwość')
plt.title('Wykres')
plt.show()
```



- bins - liczba przedziałów w histogramie

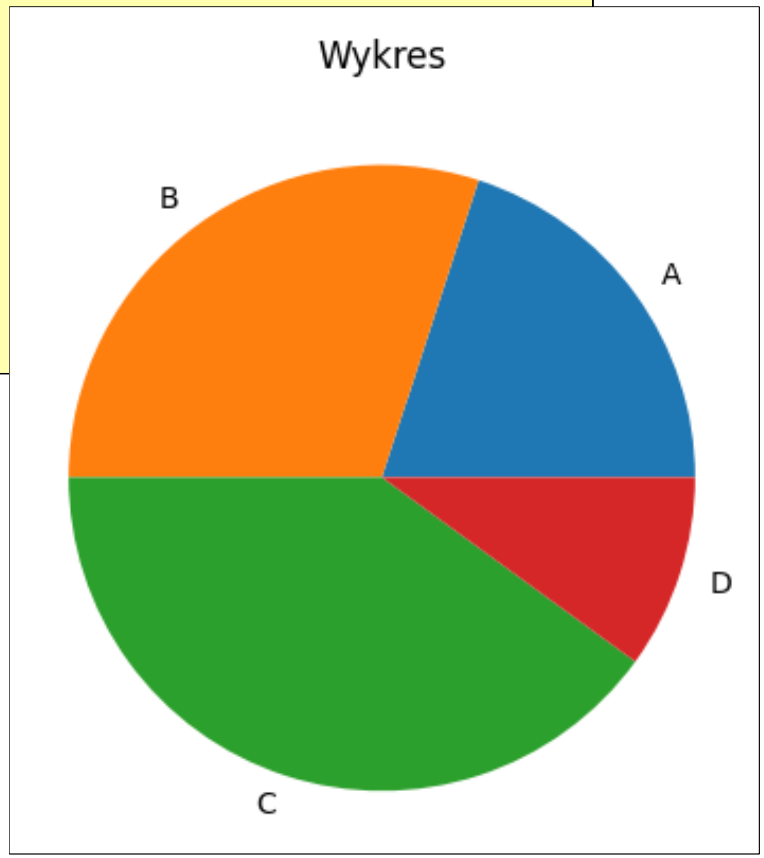
Matplotlib - wykres kołowy (Pie Chart)

- przedstawia proporcje różnych części względem całości zestawu danych

```
import matplotlib.pyplot as plt

wartosci = [20, 30, 40, 10]
etykiety = ['A', 'B', 'C', 'D']

plt.pie(wartosci, labels=etykiety)
plt.title("Wykres")
plt.show()
```



SciPy - instalacja

- SciPy (Scientific Python) - biblioteka zawierająca wiele naukowych i numerycznych algorytmów i funkcji, które rozszerzają NumPy
- strona internetowa: https://scipy.org/ (EN)
- w celu instalacji biblioteki w edytorze Visual Studio Code wybieramy w menu głównym: Terminal → Nowy terminal i wpisujemy: pip install scipy

```
PS C:\Users\jaros> pip install scipy
Collecting scipy
  Downloading scipy-1.13.1-cp312-cp312-win_amd64.whl.metadata (60 kB)
     ---------------------------------------- 60.6/60.6 kB
645.4 kB/s eta 0:00:00
Requirement already satisfied: numpy<2.3,>=1.22.4 in
c:\users\jaros\appdata\local\programs\python\python312\lib\site-packages
(from scipy) (1.26.4)
Downloading scipy-1.13.1-cp312-cp312-win_amd64.whl (45.9 MB)
   ---------------------------------------- 45.9/45.9 MB
29.7 MB/s eta 0:00:00
Installing collected packages: scipy
Successfully installed scipy-1.13.1
```

SciPy - moduły

- constants - zawiera nieprzybliżone stałe fizyczne i matematyczne
- datasets - zawiera różnego rodzaju zbiory danych, które można wykorzystać przykładowo do testowania algorytmów uczenia maszynowego
- linalg - zawiera funkcje do algebry liniowej, jak np. operacje na macierzach, dekompozycja macierzy, rozwiązywanie układów równań czy znalezienie macierzy odwrotnej
- spatial - zawiera funkcje działające na danych przestrzennych takich jak geometria wyrażona we współrzędnych kartezjańskich
- stats - zawiera bardzo wiele funkcjonalności takich jak rozkłady prawdopodobieństwa, funkcje takie jak miara rozkładu i testy statystyczne
- integrate - zawiera funkcje służące do całkowania i rozwiązywania zwyczajnych równań różniczkowych
- interpolate - zawiera różne algorytmy interpolacji danych

SciPy - moduły

- io - zawiera proste funkcje pozwalające na odczytywanie i zapisywanie danych w różnych formatach
- ndimage - zawiera funkcje służące do obróbki zdjęć jak nakładanie filtrów, skalowanie zdjęcia czy konwolucja
- odr - zawiera funkcje odpowiedzialne za dopasowywanie modeli matematycznych do danych
- optimize - zawiera funkcje, które są iterowane tak długo aż rozwiązanie się uzbieżni poniżej zadanego kryterium
- fft - zawiera warianty transformaty Fouriera
- signal - zawiera funkcje pozwalające na obróbkę sygnału np. plików audio.
- sparse - zawiera funkcjonalności do pracy z macierzami rzadkimi

SciPy - przykład

- rozwiązanie układu równań

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 6 \\ x_1 + 2x_2 + 2x_3 + 2x_4 = 11 \\ x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 3x_4 = 14 \\ x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 16 \end{cases}$$

```
import numpy as np
from scipy.linalg import solve

A = np.array([
    [1, 1, 1, 1],
    [1, 2, 2, 2],
    [1, 2, 3, 3],
    [1, 2, 3, 4],
])
b = np.array([6, 11, 14, 16])

x = solve(A, b)
b_new = np.dot(A, x)

print("x:", x)
print("b_new:", b_new)
```

```
x: [1. 2. 1. 2.]
b_new: [ 6. 11. 14. 16.]
```

Koniec wykładu nr 13

Dziękuję za uwagę!