

# Rozpoznawanie rysunków grafów

Praca magisterska

Gabriel Lichacz

kierunek studiów: inżynieria i analiza danych

Promotor: dr Paweł Bednarz

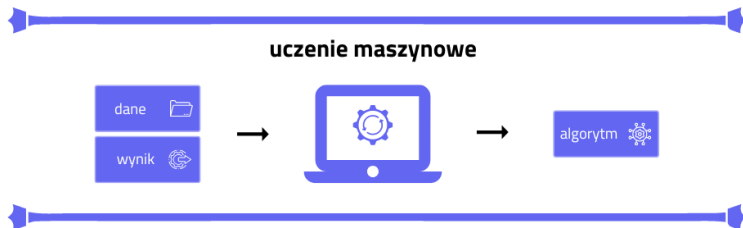
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

Wydział Matematyki i Fizyki Stosowanej

Rzeszów 2024

Rozdziały pracy:

1. Podstawowe definicje teorii grafów
2. Uczenie maszynowe
3. Wykorzystywane technologie
4. Opis modelu podstawowego
5. Testy



**Rysunek:** Wizualizacja konceptu uczenia maszynowego. Źródło: <https://bluemetrica.com/czym-jest-machine-learning>

# Wykorzystywane technologie



Rysunek: Logo R Źródło: <https://www.r-project.org>

1. igraph - tworzenie grafów



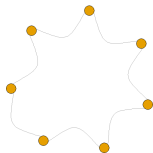
Rysunek: Logo Python Źródło: <https://www.python.org>

1. Tensorflow (Keras) - rozpoznawanie rysunków
2. Sklearn - przygotowanie zbiorów danych
3. Matplotlib - wizualizacja danych
4. PIL - konwersja obrazów

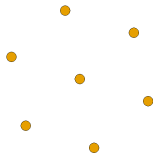
# Generator grafów

1. Podstawa to biblioteka igraph
2. Funkcyjna i modułarna budowa
3. Rysunki grafów
  - 3.1 Rozmiar 800x600 pikseli
  - 3.2 Białe tło
  - 3.3 Pomarańczowe i nieoznaczone wierzchołki
  - 3.4 Zapisane w odpowiednich katalogach, odpowiadających klasie grafu
4. Funkcje
  - 4.1 Typ grafu - ścieżka, cykl, graf pełny, graf bezkrawędziowy, drzewo binarne
  - 4.2 Liczba grafów do wygenerowania
  - 4.3 Liczba wierzchołków grafów
  - 4.4 Współczynnik odpowiadający za zakrzywienie krawędzi

# Generator grafów



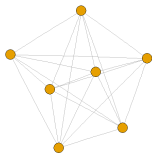
**Cykl**



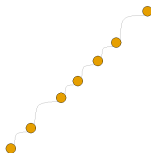
**Graf bezkrawędziowy**



**Drzewo binarne**



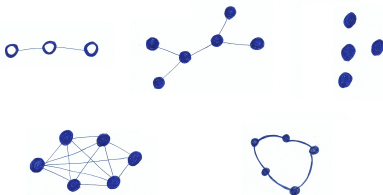
**Graf pełny**



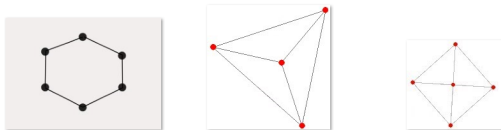
**Ścieżka**

**Rysunek:** Przykładowe wygenerowane rysunki grafów z każdej klasy

# Dane zewnętrzne



**Rysunek:** Przykładowe zewnętrzne rysunki grafów narysowane odręcznie



**Rysunek:** Przykładowe zewnętrzne rysunki grafów pobrane z internetu

# Model

Listing 1: Listing skryptu tworzącego model z walidacją krzyżową oraz uczonym na wszystkich wariantach liczby wierzchołków grafów

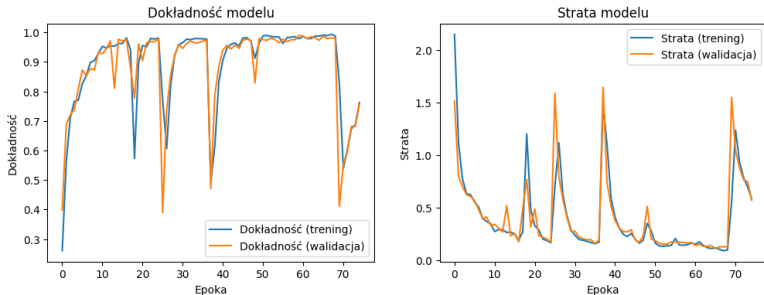
```
model = tf.keras.models.Sequential([
    tf.keras.layers.Rescaling(1./255),
    tf.keras.layers.Conv2D(32, 3, activation='relu'),
    tf.keras.layers.MaxPooling2D(),
    tf.keras.layers.Conv2D(32, 3, activation='relu'),
    tf.keras.layers.MaxPooling2D(),
    tf.keras.layers.Conv2D(32, 3, activation='relu'),
    tf.keras.layers.MaxPooling2D(),
    tf.keras.layers.Flatten(),
    tf.keras.layers.Dense(128, activation='relu',
        kernel_regularizer=tf.keras.regularizers.l2(0.01)),
    tf.keras.layers.Dropout(0.2),
    tf.keras.layers.Dense(len(class_names))
])
```



# Model

```
Dokładność na zbiorze treningowym: [0.23068182178391883, 0.3693181872367859, 0.7579545378684998, 0.824999988079071, 0.8602272868156433, 0.897727251  
Dokładność na zbiorze walidacyjnym: [0.22727273404598236, 0.747727248947144, 0.8659090995788574, 0.875, 0.9090909361839294, 0.9159091114997864, 0.
```

**Rysunek:** Przykładowe wartości dokładności dla zbioru treningowe i walidacyjnego



**Rysunek:** Przykładowa wizualizacja dokładności i straty wytrenowanego modelu

# Testy

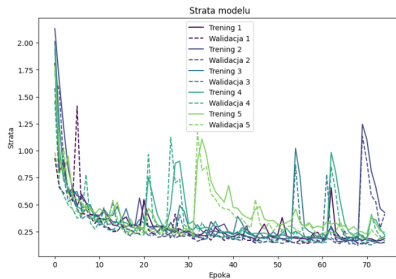
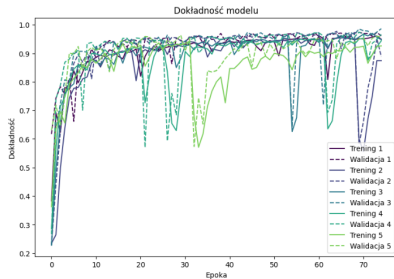
## Rodzaje modeli

1. Model podstawowy
  - 1.1 uczony na grafach czterowierzchołkowych
  - 1.2 uczony na grafach pięciowierzchołkowych
  - 1.3 uczony na grafach sześciowierzchołkowych
  - 1.4 uczony na grafach siedmiowierzchołkowych
2. Model z walidacją krzyżową
  - 2.1 wersja podstawowa
  - 2.2 wersje z pojedynczymi modyfikacjami
  - 2.3 wersja zmodyfikowana
3. Model ze zmienną liczbą wierzchołków
  - 3.1 wersja podstawowa
  - 3.2 wersje z pojedynczymi modyfikacjami
  - 3.3 wersja zmodyfikowana
4. Model ze zmienną liczbą wierzchołków i walidacją krzyżową
  - 4.1 wersja podstawowa
  - 4.2 wersje z pojedynczymi modyfikacjami
  - 4.3 wersja zmodyfikowana

## Rodzaje modyfikacji

1. Liczba filtrów w warstwach Conv2D oraz parametr Dropout.
2. Normalizacja wsadowa pomiędzy warstwami modelu.
3. Augmentacja danych przed budową modelu.
4. Zmniejszenie szybkości uczenia.

# Testy



Rysunek: Wyniki testów dla modelu z walidacją krzyżową

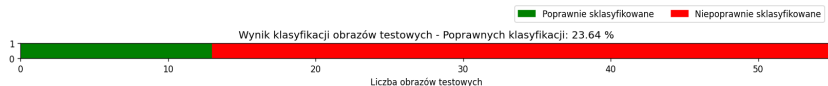
```

|- ../test_graphs\drawn\path-6.png -| najprawdopodobniej należy do klasy |- full -| z prawdopodobieństwem 100.00 procent.
1/1 ----- 0s 21ms/step
|- ../test_graphs\drawn\path-7.png -| najprawdopodobniej należy do klasy |- full -| z prawdopodobieństwem 100.00 procent.
1/1 ----- 0s 19ms/step
|- ../test_graphs\drawn\path-8.png -| najprawdopodobniej należy do klasy |- full -| z prawdopodobieństwem 97.59 procent.
1/1 ----- 0s 17ms/step
|- ../test_graphs\drawn\path-9.png -| najprawdopodobniej należy do klasy |- full -| z prawdopodobieństwem 100.00 procent.
1/1 ----- 0s 18ms/step
|- ../test_graphs\drawn\tree-binary-1.png -| najprawdopodobniej należy do klasy |- full -| z prawdopodobieństwem 100.00 procent.
1/1 ----- 0s 18ms/step
|- ../test_graphs\drawn\tree-binary-2.png -| najprawdopodobniej należy do klasy |- full -| z prawdopodobieństwem 100.00 procent.
1/1 ----- 0s 18ms/step
|- ../test_graphs\drawn\tree-binary-3.png -| najprawdopodobniej należy do klasy |- full -| z prawdopodobieństwem 100.00 procent.
1/1 ----- 0s 18ms/step
|- ../test_graphs\drawn\tree-binary-4.png -| najprawdopodobniej należy do klasy |- full -| z prawdopodobieństwem 100.00 procent.
1/1 ----- 0s 18ms/step
|- ../test_graphs\drawn\tree-binary-5.png -| najprawdopodobniej należy do klasy |- full -| z prawdopodobieństwem 99.96 procent.
1/1 ----- 0s 17ms/step
|- ../test_graphs\generated\cycle-45.png -| najprawdopodobniej należy do klasy |- full -| z prawdopodobieństwem 97.16 procent.
1/1 ----- 0s 18ms/step
|- ../test_graphs\generated\full-113.png -| najprawdopodobniej należy do klasy |- full -| z prawdopodobieństwem 99.99 procent.
1/1 ----- 0s 17ms/step
|- ../test_graphs\generated\path-78.png -| najprawdopodobniej należy do klasy |- tree-binary -| z prawdopodobieństwem 51.15 procent.
1/1 ----- 0s 17ms/step
|- ../test_graphs\internet\internet-cycle-1.png -| najprawdopodobniej należy do klasy |- full -| z prawdopodobieństwem 100.00 procent.
1/1 ----- 0s 17ms/step
|- ../test_graphs\internet\internet-full-1.jpg -| najprawdopodobniej należy do klasy |- full -| z prawdopodobieństwem 92.25 procent.
1/1 ----- 0s 18ms/step
|- ../test_graphs\internet\internet-full-2.jpg -| najprawdopodobniej należy do klasy |- full -| z prawdopodobieństwem 94.90 procent.

```

**Rysunek:** Klasyfikacja obrazów zewnętrznych dla modelu z walidacją krzyżową

# Testy

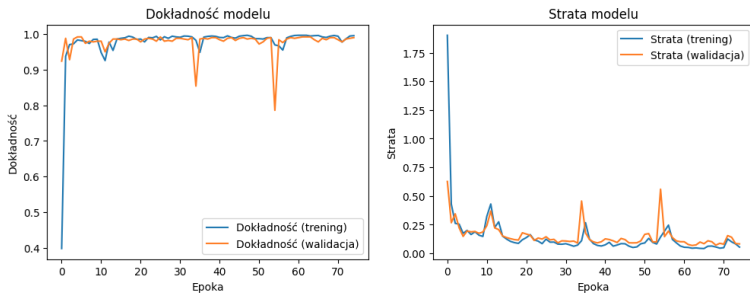


**Rysunek:** Wizualizacja klasyfikacji obrazów zewnętrznych dla modelu z walidacją krzyżową



**Rysunek:** Klasyfikacja przykładowego grafu zewnętrznego przez model z walidacją krzyżową. Przypisana klasa to graf pełny z 99,62% pewnością.

# Podsumowanie



**Rysunek:** Wyniki testów dla modelu podstawowego, liczba wierzchołków  $n = 6$



**Rysunek:** Wizualizacja klasyfikacji obrazów zewnętrznych dla modelu podstawowego, liczba wierzchołków  $n = 6$

## Zakończenie

Dziękuję za uwagę.