

## Lab 1: Rozgrzewka

### Spis treści

- Zadanie
- Wczytywanie przykładowych grafów z pliku
- Podstawy Pythona
- Wskazówki implementacyjne

W ramach laboratorium należy zaimplementować program (lub kilka jego wariantów) rozwiązujący zadanie "przewodnik turystyczny".

### Zadanie

Dany jest graf nieskierowany  $G = (V,E)$ , funkcja  $c: E \rightarrow N$  dająca wagi krawędziom, oraz wyróżnione wierzchołki  $s$  i  $t$ . Szukamy ścieżki z  $s$  do  $t$  takiej, że najmniejsza waga krawędzi na tej ścieżce jest jak największa. Należy zwrócić najmniejszą wagę krawędzi na znalezionej ścieżce. (W praktyce ścieżki szukamy tylko koncepcyjnie.)

Podejścia algorytmiczne:

- wykorzystanie struktury find-union,
- wyszukiwanie binarne + przegląd grafu metodami BFS/DFS,
- algorytm a'la Dijkstra.

W ramach laboratorium należy zaimplementować jeden, dowolny z tych algorytmów (a jeśli zostanie czas, to także kolejne).

### Proponowana kolejność prac

W ramach laboratorium proponujemy realizować zadanie w następujących krokach.

- Napisz skrypt wczytujący przykładowy graf i wypisujący krawędzie.
  - UWAGA: Przyjmujemy, że w grafach testowych wierzchołek  $s$  ma numer 1 a wierzchołek  $t$  ma numer 2.
- Rozwiązanie oparte o find-union.
  - Zaimplementuj funkcję `find` i `union`, realizujące zbiory rozłączne (przetestuj je, np. z poziomu konsoli).
  - Zaimplementuj sortowanie krawędzi grafu malejąco.
  - Użyj powyższych do zaimplementowania całego rozwiązania.
- Rozwiąznie oparte o wyszukiwanie binarne + BFS/DFS.
  - Zaimplementuj konwersję grafu na listy (lub zbiory) sąsiedztwa.
    - W plikach wejściowych wierzchołki są indeksowane od 1 ale dla wygody rozważ konwersję na indeksowanie od 0.
  - Zaimplementuj algorytm DFS operujący na listach sąsiedztwa.
  - Zaadoptuj DFS na potrzeby rozwiązania opartego o wyszukiwanie binarne.
    - Albo możesz za każdym razem tworzyć graf wejściowy do DFS-a tak, żeby posiadał tylko odpowiednie krawędzie.
    - Albo możesz zmodyfikować DFS tak, żeby sam wybierał jedynie odpowiednie krawędzie.
  - Zrealizuj wyszukiwanie binarne które powinno dać całe rozwiązanie.
  - (Opcjonalnie) Zamień DFS na BFS.
- Zrealizuj rozwiązanie oparte o algorytm Dijkstry.
  - Zaimplementuj całe rozwiązanie.

### Wczytywanie grafów

Grafy są zapisane w formacie DIMACS ascii (+ modyfikacje pozwalające zapisywać wagi).

- Plik zaczyna się od 0 lub więcej linii zaczynających się od znaku `c` i odstępów. Są to komentarze, w których można umieścić dodatkowe informacje o grafie.
- Następnie występuje linia postaci `p edge V E` gdzie:
  - `V` to liczba wierzchołków w grafie,
  - `E` to liczba krawędzi.
- Następnie występuje `E` linii postaci `e x y c` oznaczających krawędź nieskierowaną
  - między wierzchołkami o numerach `x` i `y`
  - i o wadze `c`.

`dimacs.py` dostarcza funkcję `loadWeightedGraph(name)`, która wczytuje graf w formacie DIMACS ascii i zwraca parę postaci `(V,L)`, gdzie:

- `V` to liczba wierzchołków (numerowane od `1` do `V`),
- `L` to lista krawędzi w postaci trójek postaci `(X,Y,C)`.

```
from typing import Tuple

V: int # Liczba wierzchołków
L: Tuple[int, int, int] # List krawędzi
V, L = loadWeightedGraph("g1") # Wczytanie grafu z pliku "g1"
```

### Przykład:

Poniższy kod wypisuje jakie krawędzie występują w grafie `g1`:

```
from dimacs import *

(V,L) = loadWeightedGraph( "g1" ) # wczytaj graf
for (x,y,c) in L: # przeglądaj krawędzie z listy
    print( "krawedz miedzy", x, "i", y,"o wadze", c ) # wypisuj
```

### Podstawy Pythona - pomocne fragmenty kodu

Poniżej przedstawione są przydatne fragmenty kodu w Pythonie realizujące typowe zadania.

#### Stworzenie tablicy (listy) o zadanym rozmiarze, odczytanie rozmiaru

```
T = [ None ] * 10 # Tworzy Listę o 10 obiektach "None"
A = [ 0 ] * 100 # Tworzy Listę wypełnioną setką zer
B = list(range(10)) # Tworzy Listę [0,1,2, ... 9]

l = len(A) # odczytanie długości listy
```

Listy są indeksowane od 0.

#### Stworzenie funkcji

```
def function(x, y, z):
    return (x*y)+z

print(function(1,2,3))
```

#### Pętle i instrukcje warunkowe

```
i = 1
while i < 10: # wykonuj dopóki i < 10
    print(i)
    i += 2
if i == 4:
    print( "Woo!" )
elif i == 8:
    print("Ho ho ho!")
else:
    print("Booooring!")

for i in range(10): # odpowiednik typowej konstrukcji pętli for( int i = 0; i < 10; i++ ) z C/C++
    print(i)

# można iterować też po bardziej zawiłych listach (i innych obiektach takich jak zbiory)
L = [(1, 2), (3, 4), (5, 6)]
for x, y in L:
    print(x, y)
```

#### Posortowanie tablicy

```
A = [3, 1, 2] # przykładowa tablica
B = sorted(A) # stwórz posortowaną KOPIĘ tablicy A
print(A) # wypisze [3,1,2]
print(B) # wypisze [1,2,3]

A.sort() # posortuj tablicę A
print(A) # wypisze [1,2,3]

T = [None] * 10 # Tworzy tablicę o 10 obiektach "None"
A = [0] * 100 # Tworzy tablicę wypełnioną 100 zer

# sortowanie po elemencie tuple
A = [("ma", 2), ("kota", 3), ("Ala", 1)]

def second(x): return x[1] # stwórz funkcję wybierającą element, po którym następuje sortowanie

A.sort(key=second) # posortuj używając funkcji second do wyliczenia klucza
print(A) # wypisz wynik

# j.w. używając funkcji anonimowych (Lambda)
A.sort(key=lambda x: x[1]) # lambda to słowo kluczowe rozpoczynające
# funkcję anonimową ( Lambda argumenty : zwracana wartość )
```

#### List comprehensions

Tworzenie list można sobie uprościć stosując zapis zbliżony do matematycznego

```
A = [x**2 for x in range(5)] # tworzy listę [0,1,4,9,16]
B = [(i, 0) for i in range(V+1)] # tworzy listę par [(0,0), (1,0), (2,0), ... ] zawierającą V+1 elementów
```

#### Stworzenie zbioru elementów

```
X = set() # pusty zbiór
X.add(1) # dodaj 1 do zbioru
Y = set([3,1,2]) # stwórz zbiór z elementów listy
Y = {3, 1, 2} # stwórz zbiór bezpośrednio z elementów

for y in Y:
    print(y) # wypisz elementy zbioru

if 2 in Y:
    print("liczba 2 jest w zbiorze Y")
```

## Wskazówki implementacyjne

#### Listy/zbiory sąsiedztwa

#### Stworzenie reprezentacji grafu przez zbiory sąsiedztwa

Możemy reprezentować graf jako listę indeksowaną numerami wierzchołków, której elementami są zbiory krawędzi wychodzących z danego wierzchołka. Razem z wierzchołkiem przechowujemy wagę powiązanej krawędzi jako krotkę `(v, c)`.

```
V, L = loadWeightedGraph(...)
G = [set() for _ in range(V)] # tworzymy po jednym pustym zbiorze na wierzchołek

# wersja prosta koncepcyjnie, ale nieidiomatyczna w Pythonie
# G = [None]*(V+1)
# for i in range(V+1):
#     G[i] = set()

for u, v, c in L:
    u -= 1 # zmiana numerowania wierzchołków z "od 1" na "od 0"
    v -= 1
    G[u].add((v, c)) # dodaj krawędź z u do v
    G[v].add((u, c)) # dodaj krawędź z v do u
```

#### Stworzenie reprezentacji grafu przez listy sąsiedztwa

```
G = [[] for i in range(V)] # tworzymy po jednej pustej liście na wierzchołek

for u, v, c in L:
    u -= 1 # zmiana numerowania wierzchołków z "od 1" na "od 0"
    v -= 1
    G[u].append((v, c)) # dodaj krawędź z x do y
    G[v].append((u, c)) # dodaj krawędź z y do x
```

#### Wypisanie grafu

```
for u in range(1, V+1): # prześlądamy tylko prawdziwe wierzchołki, od 1 do V
    s = f"{u}: "
    for v in G[u]:
        s += f" {v}, "
    print(s)
```

#### DFS/BFS

Na nasze potrzeby możemy założyć, że DFS i BFS zwrócą wartość typu `bool` sygnalizującą czy istnieje ścieżka od wierzchołka źródłowego do docelowego.

#### Implementacja DFS

Algorytm DFS można zaimplementować w naturalny rekurencyjny sposób. Należy jednak pamiętać o tym, że trzeba śledzić, które wierzchołki zostały odwiedzone. W tym celu można sobie stworzyć np. listę `visited`, która jest przenoszona przez kolejne wywołania rekurencyjne. UWAGA: Możliwie, że przekroczymy limit rekurencji w Pythonie. Wtedy można go zmodyfikować korzystając z `sys.setrecursionlimit(new_limit)` albo zaimplementować DFSa iteracyjnie (z własnym stosem).

```
def DFS(G, s, ...): # DFS w grafie G z wierzchołka s
    V = len(G) # Liczba wierzchołków w grafie (zakładając powyższą implementację)
    visited = [False] * V
    ...
    DFSVisit(G, s, visited, ...)
```

```
def DFSVisit(G, s, visited, ...): # rekurencyjna funkcja realizująca DFS
    ...
    # przeglądaj wierzchołki osiagalne z s
    # przed wejściem do danego wierzchołka sprawdź, czy jego pole visited jest True
```

#### Implementacja BFS

W tym zadaniu korzystanie z BFS nie jest konieczne, ale jeśli ktoś chce, to może przydać się kolejka.

```
from collections import deque # użyj odpowiedniej biblioteki

Q = deque() # stwórz pustą kolejkę

Q.append("Ala") # dopisz coś do kolejki
Q.append("ma") # j.w.
Q.append("kota") # j.w.

Q.popleft() # wyjmij pierwszy element z kolejki (zwróci "Ala")

if Q:
    print("Q is not empty")
```

#### Implementacja algorytmu a'la Dijkstra

Aby zrealizować algorytm podobny do algorytmu Dijkstry, będziemy potrzebować kolejki priorytetowej.

```
from queue import PriorityQueue

Q = PriorityQueue() # stwórz pustą kolejkę

Q.put(10) # wstaw 10 do kolejki
Q.put(5) # wstaw 5 do kolejki
Q.put(20) # wstaw 20 do kolejki
Q.get() # wyjmij z kolejki (da 5)

Q.empty() # sprawdza czy kolejka jest pusta
```

W naszym przypadku potrzebujemy kolejki wyjmującej elementy od największych do najmniejszych (czyli inaczej niż w Pythonie).

Najłatwiej to osiągnąć wstawiając liczbę ze znakiem ujemnym.

Będziemy też potrzebować, żeby kolejka przechowywała nie tylko priorytety, ale numery wierzchołków.

W tym celu możemy wkładać do niej krotki, gdzie na pierwszej pozycji jest priorytet a drugiej numer wierzchołka.

UWAGA: `queue.PriorityQueue` nie wspiera operacji aktualizowania wag już znajdujących się w niej elementów przez co będziemy musieli wkładać do niej wielokrotnie ten sam wierzchołek wielokrotnie z różnymi wagami.