# ALHE - Dokumentacja

Maciej Kapuściński, Sebastian Pietras

# Treść zadania

**SK.ALHE.12**

Dla sieci o nazwie *india35* ze strony http://sndlib.zib.de/home.action zastosować algorytm mrówkowy (*Ant Colony*) do znalezienia $n$ najlepszych (wg. ustalonej metryki) ścieżek w danej sieci. Porównanie z innym algorytmem będzie dodatkowym atutem.

# Przyjęte założenia i doprecyzowanie treści

Sieć zostanie potraktowana jako graf ważony nieskierowany. Wagi zostaną przypisane krawędziom zgodnie z kolumną *module cost*, która znajduje się w pliku definiującym sieć.

Ścieżki będą wyszukiwane między wierzchołkiem początkowym a końcowym. Te wierzchołki będą podawane jako parametr programu.

Jako metryka zostanie wykorzystany koszt ścieżki. To znaczy, że najlepsza jest ta ścieżka, dla której suma wag jej krawędzi jest najmniejsza.

Implementacja zostanie wykonana z użyciem języka programowania Python.

# Opis algorytmu

### Znajdowanie jednej najlepszej ścieżki

Algorytm wysyła $m$ mrówek (a raczej ich abstrakcyjnych reprezentacji) przez graf $I$ razy, gdzie $I$ to ustalona ilość iteracji, po czym zapamiętywana jest najkrótsza znaleziona przez mrówki ścieżka.

Mrówki, które znalazły ścieżkę zostawiają na niej feromony. Lepsze ścieżki powinny częściej zawierać większą ilość feromonu.

W każdym kroku mrówki, które nie dotarły jeszcze do wierzchołka końcowego, wybierają wierzchołek, do którego się przemieszczą. Brane pod uwagę są jedynie wierzchołki sąsiadujące z wierzchołkiem, w którym aktualnie znajduje się mrówka. Decyzja o wybranym wierzchołku zostanie podjęta losowo, lecz zgodnie z prawdopodobieństwami przypisanymi do każdej krawędzi.

Prawdopodobieństwo wyboru krawędzi jest opisane wzorem $p_{xy} = \frac{\tau_{xy}^{\alpha}\eta_{xy}^{\beta}}{\sum_{z \in N(x)} \tau_{xz}^{\alpha}\eta_{xz}^{\beta}}$, gdzie:

$\tau_{xy}$ - ilość feromonu na krawędzi $xy$

$\alpha$ - parameter kontrolujący wpływ $\tau$

$\eta_{xy}$ - "atrakcyjność" krawędzi $xy$ (w naszym przypadku odwrotność wagi tej krawędzi)

$\beta$ - parametr kontrolujący wpływ $\eta$

$N(x)$ - wierzchołki sąsiadujące z wierzchołkiem $x$

Gdy wszystkie mrówki znajdą ścieżkę lub przekroczą limit kroków, nastąpi aktualizacja feromonów na krawędziach grafu. Do wartości feromonu danej krawędzi będzie przypisywana wartość $\tau_{xy} \leftarrow (1-\rho)\tau_{xy} + \sum_{k}^{m} \Delta\tau_{xy}^{k}$, gdzie:

$\tau_{xy}$ - wartość feromonu krawędzi $xy$

$\rho$ - współczynnik parowania (zanikania) feromonów

$m$ - liczba mrówek

$\Delta\tau_{xy}^{k}$ - ilość feromonu pozostawiona na krawędzi $xy$ przez mrówkę $k$

$\Delta\tau_{xy}^{k}$ wynosi $0$ jeśli mrówka $k$ nie przeszła przez krawędź $xy$, a w przeciwnym przypadku $\frac{Q}{L_k}$, gdzie:

$Q$ - współczynnik nakładania feromonów

$L_k$ - koszt całej drogi mrówki $k$ w tej iteracji

**Znajdowanie $n$ najlepszych ścieżek**

Aby znaleźć $(i+1)$-szą najlepszą ścieżkę należy zablokować poprzednie $i$ ścieżek w grafie, a następnie wyszukać w takim grafie najlepszą ścieżkę. Można tak iteracyjnie postępować aż do znalezienia $n$ najlepszych ścieżek.

Zablokowanie ścieżek w grafie będzie polegać na usunięciu po jednej krawędzi z każdej ścieżki. Ta czynność zostanie powtórzona dla wszystkich możliwych doborów krawędzi. We wszystkich powstałych grafach zostanie wyszukana najlepsza ścieżka w danym grafie. Z wyszukanych ścieżek zostanie wybrana ta, która była ogółem najlepsza.

**Uruchomienie programu**

```
python -m antcolony [--n N] [--n_ants N_ANTS] [--n_iter N_ITER]
                    [--max_steps MAX_STEPS]
                    [--alpha ALPHA] [--beta BETA] [--ro RO] [--q Q]
                    graph start_node end_node
```

Argumenty:

- `graph` - ścieżka do pliku z definicją grafu
- `start_node` - wierzchołek początkowy
- `end_node` - wierzchołek końcowy
- `--n N` - liczba ścieżek do znalezienia (domyślnie 1)
- `--n_ants N_ANTS` - liczba "mrówek" w algorytmie mrówkowym (domyślnie 50)
- `--n_iter N_ITER` - liczba iteracji w algorytmie mrówkowym (domyślnie 10)
- `--max_step MAX_STEP` - maksymalna liczba kroków mrówki w jednej iteracji (domyślnie 1000)
- `--alpha ALPHA` - współczynnik $\alpha$ (domyślnie 0.5)
- `--beta BETA` - współczynnik $\beta$ (domyślnie 1.2)
- `--ro RO` - współczynnik $\rho$ (domyślnie 0.6)
- `--q Q` - współczynnik $Q$ (domyślnie 10)

Program wypisze na standardowe wyjście ścieżki znalezione przez algorytm mrówkowy oraz, dla porównania, przez algorytm Dijkstry.

**Wykorzystane narzędzia**

- `Python`
- `NetworkX` (do reprezentacji grafu)
- `NumPy` (do operacji na macierzach)

## Testy

Przeprowadzone zostały testy dla ścieżek między różnymi wierzchołkami i dla różnych liczby mrówek.

1. Wywołania z większą liczbą mrówek (50)

```
[2021-01-12 23:04:51,853] [INFO] [antcolony] Starting search using ant colony
[2021-01-12 23:05:35,658] [INFO] [antcolony] Shortest paths according to ant col
ony: [(570.0, ['1', '6', '32', '30']), (590.0, ['1', '21', '32', '30']), (690.0,
 ['1', '28', '32', '30'])]
[2021-01-12 23:05:35,658] [INFO] [antcolony] Starting search using Dijkstra
[2021-01-12 23:05:35,675] [INFO] [antcolony] Shortest paths according to Dijkstr
a: [(570.0, ['1', '6', '32', '30']), (590.0, ['1', '21', '32', '30']), (690.0, [
'1', '28', '32', '30'])]
[2021-01-12 23:05:35,678] [INFO] [antcolony] Shortest paths according to Network
X: [(570.0, ['1', '6', '32', '30']), (590.0, ['1', '21', '32', '30']), (690.0, [
'1', '28', '32', '30'])]
```

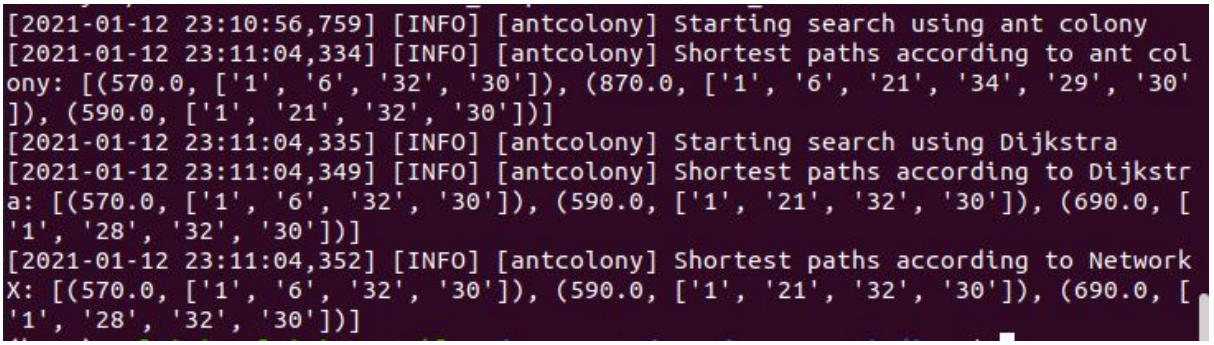
```
[2021-01-12 23:12:55,368] [INFO] [antcolony] Starting search using ant colony
[2021-01-12 23:13:21,744] [INFO] [antcolony] Shortest paths according to ant col
ony: [(490.0, ['1', '3', '17', '15']), (530.0, ['1', '3', '27', '15']), (630.0,
['1', '3', '17', '2', '15'])]
[2021-01-12 23:13:21,744] [INFO] [antcolony] Starting search using Dijkstra
[2021-01-12 23:13:21,763] [INFO] [antcolony] Shortest paths according to Dijkstr
a: [(490.0, ['1', '3', '17', '15']), (530.0, ['1', '3', '27', '15']), (630.0, ['
1', '3', '17', '2', '15'])]
[2021-01-12 23:13:21,766] [INFO] [antcolony] Shortest paths according to Network
X: [(490.0, ['1', '3', '17', '15']), (530.0, ['1', '3', '27', '15']), (630.0, ['
1', '3', '17', '2', '15'])]
```

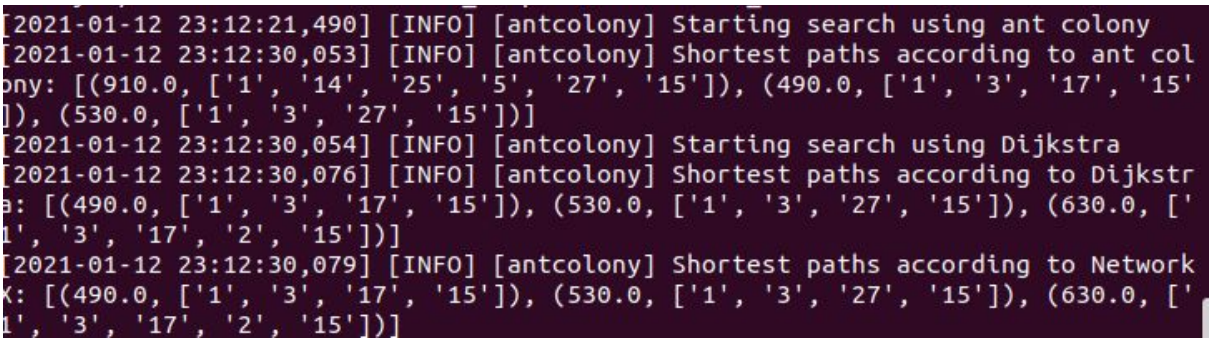
2. Wywołanie z mniejszą liczbą mrówek (30)

```
[2021-01-12 23:25:47,260] [INFO] [antcolony] Starting search using ant colony
[2021-01-12 23:26:03,096] [INFO] [antcolony] Shortest paths according to ant col
ony: [(490.0, ['1', '3', '17', '15']), (530.0, ['1', '3', '27', '15']), (650.0,
['1', '21', '17', '15'])]
[2021-01-12 23:26:03,096] [INFO] [antcolony] Starting search using Dijkstra
[2021-01-12 23:26:03,112] [INFO] [antcolony] Shortest paths according to Dijkstr
a: [(490.0, ['1', '3', '17', '15']), (530.0, ['1', '3', '27', '15']), (630.0, ['
1', '3', '17', '2', '15'])]
[2021-01-12 23:26:03,114] [INFO] [antcolony] Shortest paths according to Network
X: [(490.0, ['1', '3', '17', '15']), (530.0, ['1', '3', '27', '15']), (630.0, ['
1', '3', '17', '2', '15'])]
```

```
[2021-01-12 23:26:10,749] [INFO] [antcolony] Starting search using ant colony
[2021-01-12 23:26:27,715] [INFO] [antcolony] Shortest paths according to ant col
ony: [(570.0, ['1', '6', '32', '30']), (590.0, ['1', '21', '32', '30']), (690.0,
 ['1', '28', '32', '30'])]
[2021-01-12 23:26:27,715] [INFO] [antcolony] Starting search using Dijkstra
[2021-01-12 23:26:27,729] [INFO] [antcolony] Shortest paths according to Dijkstr
a: [(570.0, ['1', '6', '32', '30']), (590.0, ['1', '21', '32', '30']), (690.0, [
'1', '28', '32', '30'])]
[2021-01-12 23:26:27,733] [INFO] [antcolony] Shortest paths according to Network
X: [(570.0, ['1', '6', '32', '30']), (590.0, ['1', '21', '32', '30']), (690.0, [
'1', '28', '32', '30'])]
```

3. Wywołania z najmniejszą liczbą mrówek (10)




Z wykonanych testów wynika, że dla grafu o takiej wielkości nie warto używać algorytmu mrówkowego. Dla większej liczby mrówek czas znalezienia najkrótszej ścieżki potrafi być przesadnie długi w porównaniu do algorytmu Dijkstry, którego wywołanie trwa jedynie setne sekundy. Dla mniejszej liczby mrówek jest zaś większe ryzyko znalezienia niewłaściwej ścieżki (co jest niemożliwe przy korzystaniu z algorytmu Dijkstry), a zysk czasowy nie jest na tyle znaczący, żeby było to warte.