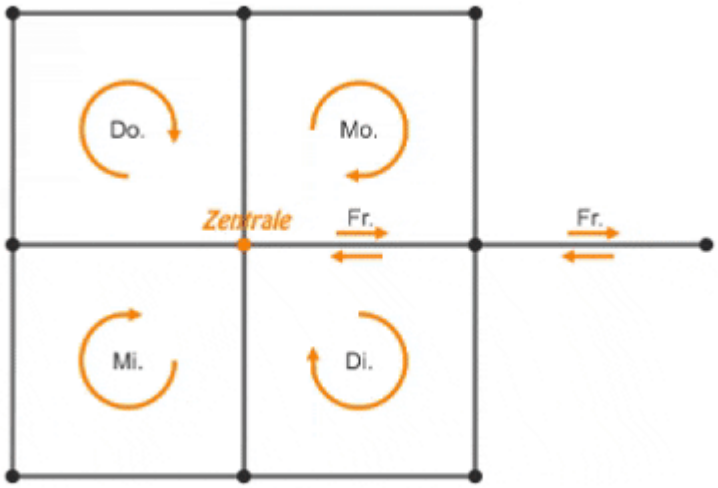
Müllabfuhr

A1 61015 Leonhard Masche 10.04.2022

Inhaltsverzeichnis

Lösungsidee

Zuerst wird das Straßennetz in einer Adjacency-List Datenstruktur gespeichert. Nun wird von der Basis (Vertex 0) ausgehend ein modifizierter Breadth-First-Search Algorithmus verwendet, um die in Frage kommenden Routen zu erhalten. Der Algorithmus speichert die aktuelle Node zusammen mit dem Pfad der bis dorthin beschritten wurde in `visited`, und zeichnet alle Möglichkeiten von der derzeitigen Node weiterzugehen (rückwärtsgehen ausgeschlossen), zusammen mit der dann entstehenden Länge des Pfades auf. Wenn ein Pfad auf eine Vertex aus dem `visited`-Set trifft, wird der jetzige Pfad mit dem in `visited` gespeicherten Pfad zusammengefügt und als Ergebnis des Algorithmus in der Liste `paths` gespeichert. Wenn alle Straßen vom Algorithmus abgedeckt wurden, ist dieser Schritt fertig.



Da es passieren kann, dass eine Straße ofters als benötigt 'befahren' wird, werden im nächsten Schritt unnötige Wege entfernt.

Nun ist allerdings nicht garantiert, dass `paths` die richtige Länge (z.B. 5 Tage) hat. Deshalb werden, solange die Länge von `paths` größer als die Anzahl der Tage ist, die beiden kürzesten Pfade kombiniert. Somit wird eine zu lange Liste verkürzt. Ist sie jedoch zu kurz, wird sie mit Nullen (Wagen bleibt in der Zentrale) aufgefüllt.

Verbesserungen

Nicht-Integer Gewichte

Eine vorgenommene Verbesserung ist das Einlesen von Fließkommazahl-Gewichtungen der Straßen. Es ist unrealistisch dass in einem echten Szenario Straßen eine Länge von z.B. genau 480m haben. Um das zu implementieren wird der dritte Wert aus den Beispieldateien als *float* eingelesen.

Arbiträre Anzahl Tage

Auch kann eine Anzahl an Tagen eingegeben werden, für die geplant werden soll. So kann zum Beipiel ein Fahrplan für zwei Wochen erstellt werden. Dazu werden einfach die merging- und padding-Schritte am Ende der `get_paths` Funktion angepasst.

Aufbau

utility.py

def remove_by_exp(exp: Callable[[Any], bool], lst: List)

> Entfernt das erste Element bei dem `exp` 'True' zurückgibt.

program.py

class CityGraph

> Klasse die ein Straßennetz (ungerichteter gewichteter Graph) repräsentiert.

def __init__(vertices: List[int], edges: List[Tuple[int, int, float]])

> Initialisiert den CityGraph mit einer Liste der Vertices und der adjacency-list.

@classmethod
def _from_bwinf_file(path: str) -> 'CityGraph'

> Liest eine Beispieldatei ein, und gibt einen CityGraph zurück.

def _contains_all_edges(paths: Iterable[Iterable[int]]) -> bool

> Gibt als Wahrheitswert zurück, ob die gegebene Liste an Pfaden alle 'Straßen' im Graph abdeckt.

def get_paths(days: int = 5) -> List[Tuple[float, Tuple[int, ...]]]

> Gibt eine Liste zurück, die Tuples mit dem Pfad, und der Länge dessen an erster Stelle, enthält.

Umsetzung

Das Programm ist in der Sprache Python umgesetzt. Der Aufgabenordner enthält neben dieser Dokumentation eine ausführbare Python-Datei `program.py`. Diese Datei ist mit einer Python-Umgebung ab der Version `3.6` ausführbar.

Wird das Programm gestartet, wird zuerst eine Eingabe in Form einer einstelligen Zahl erwartet, um ein bestimmtes Beispiel auszuwählen. *(Das heißt: `0` für Beispiel `muellabfuhr0.txt`)*. Dann wird nach der Anzahl

der zu planenden Tage gefragt (default ist 5).

Nun wird die Logik des Programms angewandt und die Ausgabe erscheint in der Kommandozeile.

Beispiele

Hier wird das Programm auf die neun Beispiele aus dem Git-Repo, und ein eigenes angewendet:

`muellabfuhr0.txt`

```
10 13
0 2 1
0 4 1
0 6 1
0 8 1
  ⋮
5 6 1
6 7 1
7 8 1
8 1 1
8 9 1
```

Ausgabe zu `muellabfuhr0.txt`

```
Tag 1: 0 -> 8 -> 9 -> 8 -> 0, Gesamtlaenge: 4.0
Tag 2: 0 -> 6 -> 7 -> 8 -> 0, Gesamtlaenge: 4.0
Tag 3: 0 -> 4 -> 5 -> 6 -> 0, Gesamtlaenge: 4.0
Tag 4: 0 -> 2 -> 3 -> 4 -> 0, Gesamtlaenge: 4.0
Tag 5: 0 -> 2 -> 1 -> 8 -> 0, Gesamtlaenge: 4.0
Maximale Lange einer Tagestour: 4.0
```

`muellabfuhr1.txt`

```
8 13
0 4 6
0 5 6
0 6 1
1 3 9
  ⋮
3 6 1
4 5 5
4 7 8
5 7 2
6 7 1
```

Ausgabe zu muellabfuhr1.txt

```
Tag 1: 0 -> 6 -> 7 -> 5 -> 4 -> 7 -> 6 -> 0, Gesamtlaenge: 19.0
Tag 2: 0 -> 6 -> 3 -> 2 -> 3 -> 6 -> 0, Gesamtlaenge: 18.0
Tag 3: 0 -> 4 -> 3 -> 6 -> 0, Gesamtlaenge: 15.0
Tag 4: 0 -> 6 -> 1 -> 3 -> 6 -> 0, Gesamtlaenge: 13.0
Tag 5: 0 -> 6 -> 3 -> 5 -> 0, Gesamtlaenge: 11.0
Maximale Lange einer Tagestour: 19.0
```

---

muellabfuhr2.txt

```
15 34
0 5 1
0 6 1
0 9 1
1 6 1
  ⋮
9 10 1
9 12 1
9 13 1
10 14 1
13 14 1
```

Ausgabe zu muellabfuhr2.txt

```
Tag 1: 0 -> 9 -> 13 -> 14 -> 5 -> 0 -> 5 -> 11 -> 3 -> 4 -> 6 -> 0 -> 5 -> 11 -> 8
-> 14 -> 5 -> 0 -> 5 -> 14 -> 2 -> 10 -> 9 -> 0, Gesamtlaenge: 23.0
Tag 2: 0 -> 5 -> 14 -> 7 -> 1 -> 6 -> 0 -> 5 -> 14 -> 8 -> 7 -> 9 -> 0,
Gesamtlaenge: 12.0
Tag 3: 0 -> 5 -> 14 -> 10 -> 4 -> 6 -> 0 -> 6 -> 1 -> 13 -> 4 -> 6 -> 0,
Gesamtlaenge: 12.0
Tag 4: 0 -> 6 -> 4 -> 3 -> 13 -> 9 -> 0 -> 9 -> 12 -> 8 -> 2 -> 11 -> 5 -> 0,
Gesamtlaenge: 13.0
Tag 5: 0 -> 5 -> 9 -> 6 -> 0 -> 5 -> 14 -> 6 -> 0 -> 9 -> 7 -> 11 -> 5 -> 0 -> 9 -
> 12 -> 1 -> 6 -> 0, Gesamtlaenge: 18.0
Maximale Lange einer Tagestour: 23.0
```

---

muellabfuhr3.txt

```
15 105
0 1 1
0 2 1
0 3 1
0 4 1
```

```
  ⋮
11 13 1
11 14 1
12 13 1
12 14 1
13 14 1
```

Ausgabe zu `muellabfuhr3.txt`

```
Tag 1: 0 -> 6 -> 1 -> 0 -> 8 -> 1 -> 0 -> 10 -> 1 -> 0 -> 12 -> 1 -> 0 -> 14 -> 1
-> 0 -> 1 -> 3 -> 2 -> 0 -> 1 -> 5 -> 2 -> 0 -> 1 -> 7 -> 2 -> 0 -> 1 -> 9 -> 2 ->
0 -> 1 -> 11 -> 2 -> 0 -> 1 -> 13 -> 2 -> 0 -> 2 -> 4 -> 3 -> 0 -> 2 -> 6 -> 3 ->
0 -> 2 -> 8 -> 3 -> 0 -> 2 -> 10 -> 3 -> 0 -> 2 -> 12 -> 3 -> 0, Gesamtlaenge:
59.0
Tag 2: 0 -> 2 -> 14 -> 3 -> 0 -> 3 -> 5 -> 4 -> 0 -> 3 -> 7 -> 4 -> 0 -> 3 -> 9 ->
4 -> 0 -> 3 -> 11 -> 4 -> 0 -> 3 -> 13 -> 4 -> 0 -> 4 -> 6 -> 5 -> 0 -> 4 -> 8 ->
5 -> 0, Gesamtlaenge: 32.0
Tag 3: 0 -> 4 -> 10 -> 5 -> 0 -> 4 -> 12 -> 5 -> 0 -> 4 -> 14 -> 5 -> 0 -> 5 -> 7
-> 6 -> 0 -> 5 -> 9 -> 6 -> 0 -> 5 -> 11 -> 6 -> 0 -> 5 -> 13 -> 6 -> 0 -> 6 -> 8
-> 7 -> 0, Gesamtlaenge: 32.0
Tag 4: 0 -> 6 -> 10 -> 7 -> 0 -> 6 -> 12 -> 7 -> 0 -> 6 -> 14 -> 7 -> 0 -> 7 -> 9
-> 8 -> 0 -> 7 -> 11 -> 8 -> 0 -> 7 -> 13 -> 8 -> 0 -> 8 -> 10 -> 9 -> 0 -> 8 ->
12 -> 9 -> 0, Gesamtlaenge: 32.0
Tag 5: 0 -> 8 -> 14 -> 9 -> 0 -> 9 -> 11 -> 10 -> 0 -> 9 -> 13 -> 10 -> 0 -> 10 ->
12 -> 11 -> 0 -> 10 -> 14 -> 11 -> 0 -> 11 -> 13 -> 12 -> 0 -> 12 -> 14 -> 13 -> 0
-> 2 -> 1 -> 0 -> 4 -> 1 -> 0, Gesamtlaenge: 34.0
Maximale Lange einer Tagestour: 59.0
```

`muellabfuhr4.txt`

```
10 10
0 1 1
0 9 1
1 2 1
2 3 1
3 4 1
4 5 1
5 6 1
6 7 1
7 8 1
8 9 1
```

Ausgabe zu `muellabfuhr4.txt`

```
Tag 1: 0 -> 1 -> 2 -> 3 -> 4 -> 5 -> 6 -> 7 -> 8 -> 9 -> 0, Gesamtlaenge: 10.0
Tag 2: 0, Gesamtlaenge: 0.0
```

```
Tag 3: 0, Gesamtlaenge: 0.0
Tag 4: 0, Gesamtlaenge: 0.0
Tag 5: 0, Gesamtlaenge: 0.0
Maximale Lange einer Tagestour: 10.0
```

---

muellabfuhr5.txt

```
50 989
0 2 8
0 3 12
0 5 6
0 6 9
  ⋮
46 48 8
46 49 1
47 48 7
47 49 6
48 49 9
```

Ausgabe zu muellabfuhr5.txt

```
Keine Pfade gefunden! (Mehrere unverbundene Straßennetze). (pop from empty list)
Maximale Lange einer Tagestour: 0
```

---

muellabfuhr6.txt

```
100 204
0 4 7782
0 44 5495
1 3 4633
2 5 18959
  ⋮
98 32 11629
98 35 1367
98 45 11403
99 27 4355
99 43 3450
```

Ausgabe zu muellabfuhr6.txt

```
Keine Pfade gefunden! (Mehrere unverbundene Straßennetze). (pop from empty list)
Maximale Lange einer Tagestour: 0
```

muellabfuhr7.txt

```
500 1636
0 317 164
1 0 48298
1 4 70
1 250 133
  ⋮
498 353 68
499 15 45
499 125 56
499 129 111
499 365 55
```

Ausgabe zu muellabfuhr7.txt

```
Keine Pfade gefunden! (Mehrere unverbundene Straßennetze). (pop from empty list)
Maximale Lange einer Tagestour: 0
```

---

muellabfuhr8.txt

```
1000 3453
0 294 3093
0 303 3855
0 420 2567
0 593 4699
  ⋮
998 696 2946
998 813 4484
999 417 6731
999 843 1857
999 247 3574
```

Ausgabe zu muellabfuhr8.txt

```
Keine Pfade gefunden! (Mehrere unverbundene Straßennetze). (pop from empty list)
Maximale Lange einer Tagestour: 0
```

---

muellabfuhr9.txt

```
3 3
0 1 0.5
0 2 0.5
1 2 50.7
eigenes Beispiel zur Demonstration von float-Gewichten
```

Ausgabe zu `muellabfuhr9.txt`

```
Tag 1: 0 -> 2 -> 1 -> 0, Gesamtlaenge: 51.7
Tag 2: 0, Gesamtlaenge: 0.0
Tag 3: 0, Gesamtlaenge: 0.0
Tag 4: 0, Gesamtlaenge: 0.0
Tag 5: 0, Gesamtlaenge: 0.0
Maximale Lange einer Tagestour: 51.7
```

Quellcode

utility.py

```python
from typing import Any, Callable, List


def remove_by_exp(exp: Callable[[Any], bool], lst: List):
    for i in lst:
        try:
            if exp(i):
                lst.remove(i)
                break
        except Exception:
            pass
```

program.py

```python
from collections import Counter
from os.path import dirname, join
from typing import (FrozenSet, Iterable, List, Mapping, Set,
                    Tuple)

from utility import remove_by_exp


class CityGraph:
    """A class representing the city graph."""
```

```
    vertices: Mapping[int, Mapping[int, float]]     # {vertex_id:
{connected_vertex_id: distance}, ...}
    edgeset: Set[FrozenSet[int]]                    # {{vertex_id, vertex_id},
{vertex_id, vertex_id}, ...}

    @classmethod
    def _from_bwinf_file(cls, path: str) -> 'CityGraph':
        """
        Load the CityGraph from an bwinf example file.

        Parameters
        ----------
        path : str
            The path to the bwinf file.

        """
        with open(path, 'r') as f:
            lines = f.read().split('\n')

        n, m = map(int, lines[0].split())
        return cls(
            list(range(n)),
            [(int(v), int(u), float(length)) for v, u, length in
             [line.split() for line in lines[1: m + 1]]])

    def __init__(self, vertices: List[int], edges: List[Tuple[int, int, float]]):
        self.vertices = {v: {} for v in vertices}
        self.edgeset = set()

        for edge in edges:
            v, u, len_ = edge
            self.edgeset.add(frozenset((v, u)))
            self.vertices[v][u] = len_
            self.vertices[u][v] = len_

    def _contains_all_edges(self, paths: Iterable[Iterable[int]]) -> bool:
        # convert all paths into an edgesets
        flattened = tuple(j for path in paths for j in path)
        edges = set(frozenset((flattened[i], flattened[i+1])) for i in
range(len(flattened)-1))
        # check if all edges are contained in the resulting edgeset
        for edge in self.edgeset:
            if edge not in edges:
                return False
        return True

    def get_paths(self, days: int = 5) -> List[Tuple[float, Tuple[int, ...]]]:
        # get paths using bfs-type algorithm
        visited: Mapping[int, Tuple[float, List[int]]] = {}  # {visited_node_id:
(length, path)}
        paths: List[Tuple[float, Tuple[int, ...]]] = []  # [(length, (path)), ...]
        queue: List[Tuple[float, Tuple[int, ...]]] = [(0.0, [0])]  # [(distance,
path), ...]
```

```
        try:
            while not self._contains_all_edges(map(lambda x: x[1], paths)):
                queue.sort()
                current_length, current_path = queue.pop(0)
                if current_path[-1] in visited:  # check if path meets another
path TODO make path not meet with itself
                    paths.append((current_length+visited[current_path[-1]][0],
                                  (*visited[current_path[-1]][1],
*reversed(current_path[:-1]))))
                    visited[current_path[-1]] = (current_length, current_path)

                    # remove the path merging into the current path
                    remove_by_exp(lambda x: x[1][-1] == current_path[-2], queue)
                    continue
                if len(self.vertices[current_path[-1]]) == 1:  # check if it's a
dead end
                    paths.append((current_length*2, (*current_path,
*reversed(current_path[:-1]))))
                    continue
                visited[current_path[-1]] = (current_length, current_path)
                for next_node_id in self.vertices[current_path[-1]]:
                    if next_node_id == (current_path[-2] if len(current_path) > 1
else None):  # skip going backwards
                        continue
                    queue.append((self.vertices[current_path[-1]][next_node_id] +
current_length,
                                  current_path + [next_node_id]))
        except IndexError as e:
            print(f'Keine Pfade gefunden! (Mehrere unverbundene Straßennetze).
({e})')
            return []

        # remove unneeded paths
        paths.sort(reverse=True)
        edgecounts = Counter(frozenset((path[i], path[i+1])) for _, path in paths
for i in range(len(path)-1))
        keys = edgecounts.keys()
        for len_, path in paths:
            edgecount = Counter(frozenset((path[i], path[i+1])) for i in
range(len(path)-1))
            tmp = edgecounts-edgecount
            if not any(v < 1 for v in tmp.values()) and tmp.keys() == keys:
                paths.remove((len_, path))
                edgecounts.subtract(edgecount)

        # merge paths while they are > target_n_days
        while len(paths) > days:
            paths.sort()
            first = paths.pop(0)
            second = paths[0]
            paths[0] = (first[0] + second[0], (*first[1], *second[1][1:]))

        # pad to length of target_n_days
        while len(paths) < days:
```

```
            paths.append((0.0, (0,)))

        return paths


# repl
while True:
    try:
        pth = join(dirname(__file__),
                   f'beispieldaten/muellabfuhr{input("Bitte die Nummer des
Beispiels eingeben [0-9]: ")}.txt')
        cg = CityGraph._from_bwinf_file(pth)
        n_days = int(input('Für wieviele Tage soll geplant werden? (5):') or 5)
        maxlen = 0
        for i, (len_, p) in zip(range(1, n_days+1), cg.get_paths(n_days)):
            print(f'Tag {i}: {" -> ".join(map(str, p))}, Gesamtlaenge: {len_}')
            if len_ > maxlen: maxlen = len_
        print(f'Maximale Lange einer Tagestour: {maxlen}')
    except Exception as e:
        print(e)
```