

21110324 – Lương Đăng Khôi

*Note: File code được lấy từ drive của người phụ trách buổi học thực hành nên tất cả các sai sót (ngay cả không cố ý) đều sẽ được liệt kê và sửa lỗi như bên dưới.

Phân tích file 'code_Tuan3.py' :

- Khi vừa mở file ta có thể thấy text editor (chọn VScode là công cụ sử dụng trong bài) hoặc IDE thông báo lỗi như sau ở dòng 165.

```
160         break
161
162     startCity =
163     endcity = ci
164
165     gbfs = GBFS(startcity, heuristic, graph, endcity)
166     astar = Astar(startCity, heuristic, graph, endcity)
167     print("GBFS => ", gbfs)
168     print("ASTAR -> ", astar)
169
170     drawMap(city, gbfs, astar, graph)
```

"startcity" is not defined Pylance (reportUndefinedVariable)

(function) startcity: Any

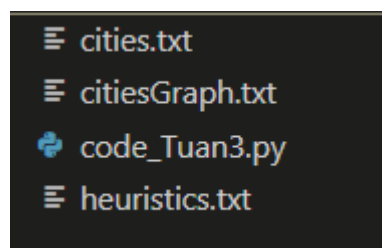
View Problem (Alt+F8) Quick Fix... (Ctrl+.)

- Đây là lỗi chưa khai báo biến và cụ thể ở đây là biến 'startcity', ta thấy ở dòng 162 có một biến với cái tên tương tự nên có thể dễ đoán rằng 'startcity' chính là 'startCity'. Để đồng bộ ta đổi luôn 'endcity' thành 'endCity'.

- Sau khi sửa lỗi trên ta chạy thử file thì thấy máy tiếp tục báo lỗi như bên dưới.

```
D:\Documents\AI>python -u "d:\Documents\AI\NMTTNT_Tuan3\code_Tuan3.py"
Traceback (most recent call last):
  File "d:\Documents\AI\NMTTNT_Tuan3\code_Tuan3.py", line 148, in <module>
    heuristic = getHeuristics()
  File "d:\Documents\AI\NMTTNT_Tuan3\code_Tuan3.py", line 7, in getHeuristics
    f = open("heuristics1.txt")
FileNotFoundError: [Errno 2] No such file or directory: 'heuristics1.txt'
```

- Đầu tiên lỗi xuất phát ở dòng 148, tức nằm trong hàm 'getHeuristics()', trong hàm đó ta thấy báo lỗi ở dòng thứ 7. Lỗi 'No such file or directory:' này xuất hiện khi không tìm thấy file nào đó, ở trên là lỗi không tìm thấy file 'heuristics1.txt'. Ta kiểm tra lại thư mục thì thấy chỉ có các file như bên dưới.



- Do đó ta đổi tên file được đọc từ 'heuristics1.txt' thành 'heuristics.txt' như hình bên dưới

```
5 def getHeuristics():
6     heuristics = {}
7     f = open("heuristics.txt")
8     for i in f.readlines():
9         node_heuristic_val = i.split()
10        heuristics[node_heuristic_val[0]] = int(node_heuristic_val[1])
11
12    return heuristics
```

+ Chỉnh sửa dòng thứ 7 thành như bên dưới

```

5 def getHeuristics():
6     heuristics = {}
7     f = open("heuristics.txt")
8     for i in f.readlines():
9         node_heuristic_val = i.split()
10        heuristics[node_heuristic_val[0]] = int(node_heuristic_val[1])
11
12    return heuristics

```

- Tiếp tục chạy file ta thấy máy thông báo lỗi như bên dưới.

```

D:\Documents\AI\NMTTNT_Tuan3>python -u "d:\Documents\AI\NMTTNT_Tuan3\code_Tuan3.py"
Traceback (most recent call last):
  File "d:\Documents\AI\NMTTNT_Tuan3\code_Tuan3.py", line 148, in <module>
    heuristic = getHeuristics()
  File "d:\Documents\AI\NMTTNT_Tuan3\code_Tuan3.py", line 10, in getHeuristics
    heuristics[node_heuristic_val[0]] = int(node_heuristic_val[1])
IndexError: list index out of range

```

- Lỗi này vẫn ở hàm 'getHeuristics()' và lần này là ở dòng 10. Lỗi 'IndexError: list index out of range' này xuất hiện ta truy xuất một phần tử với index vượt quá index tối đa của một list.

- Cụ thể ở hàm 'getHeuristics()' ta có vòng lặp for có cú pháp như hình trên, có nghĩa rằng i sẽ được gán dữ liệu từng dòng trong file 'heuristics.txt'.

```

heuristics.txt x
heuristics.txt
1  Arad 366
2  Bucharest 20
3  Craiova 160
4  Drobeta 242
5  Eforie 161
6  Fagaras 176
7  Giurgiu 77
8  Hirsova 0
9  Iasi 226
10 Lugo 244
11 Mehadia 241
12 Neamt 234
13 Oradea 380
14 Pitesti 100
15 Rimnicu_Vilcea 193
16 Sibiu 253
17 Timisoara 329
18 Urziceni 10
19 Vaslui 199
20 Zerind 374
21
22
23
24
25

```

- Nhìn vào file txt bên ta thấy ở cuối file khi hết data vẫn tồn tại các dòng trống, điều này nghĩa là i cũng sẽ được gán các dòng trống đó và cũng sẽ được chương trình gọi các phần tử thứ 0 và 1 mặc dù i là dòng text rỗng, vì thế nên mới xuất hiện lỗi ta đang phân tích.

- Cách sửa lỗi là chúng ta sẽ chỉ xử lý các dòng text có dữ liệu tức một khi dòng tạo key – value cho dict gặp lỗi nghĩa là các dòng có dữ liệu đã kết thúc, chúng ta sẽ break vòng lặp ngay lập tức như hình bên dưới hoặc ta xóa các dòng trống trong file txt

```

4 # getting heuristics from file
5 def getHeuristics():
6     heuristics = {}
7     f = open("heuristics.txt")
8     for i in f.readlines():
9         node_heuristic_val = i.split()
10        try:
11            heuristics[node_heuristic_val[0]] = int(node_heuristic_val[1])
12        except:
13            break
14    return heuristics

```

- Hàm try – except sẽ cho phép tiếp tục thực thi các câu lệnh bên trong try tuy nhiên nếu gặp lỗi sẽ chuyển sang nhánh except, trong except ta có thể dùng continue thay cho break tuy nhiên continue chỉ skip lần lặp hiện tại trong khi đó break sẽ kết thúc luôn vòng lặp. Kết quả của cả 2 sẽ giống tuy nhiên dùng break sẽ tối ưu hơn vì các dòng trống kề nhau và nằm cuối file.

- Tiếp tục chạy file ta được thông báo lỗi như bên dưới.

```
D:\Documents\AI\NMTTNT_Tuan3>python -u "d:\Documents\AI\NMTTNT_Tuan3\code_Tuan3.py"
Traceback (most recent call last):
  File "d:\Documents\AI\NMTTNT_Tuan3\code_Tuan3.py", line 152, in <module>
    city, citiesCode = getCity()
  File "d:\Documents\AI\NMTTNT_Tuan3\code_Tuan3.py", line 20, in getCity
    f = open("cities1.txt")
FileNotFoundError: [Errno 2] No such file or directory: 'cities1.txt'
```

- Như đã phân tích lỗi này ở trên, ta chỉ có file 'cities.txt' và không có file 'cities1.txt' do đó ta sửa tên file được đọc trong code lại là hoàn tất việc sửa lỗi trên.

- Lỗi tiếp theo như bên dưới.

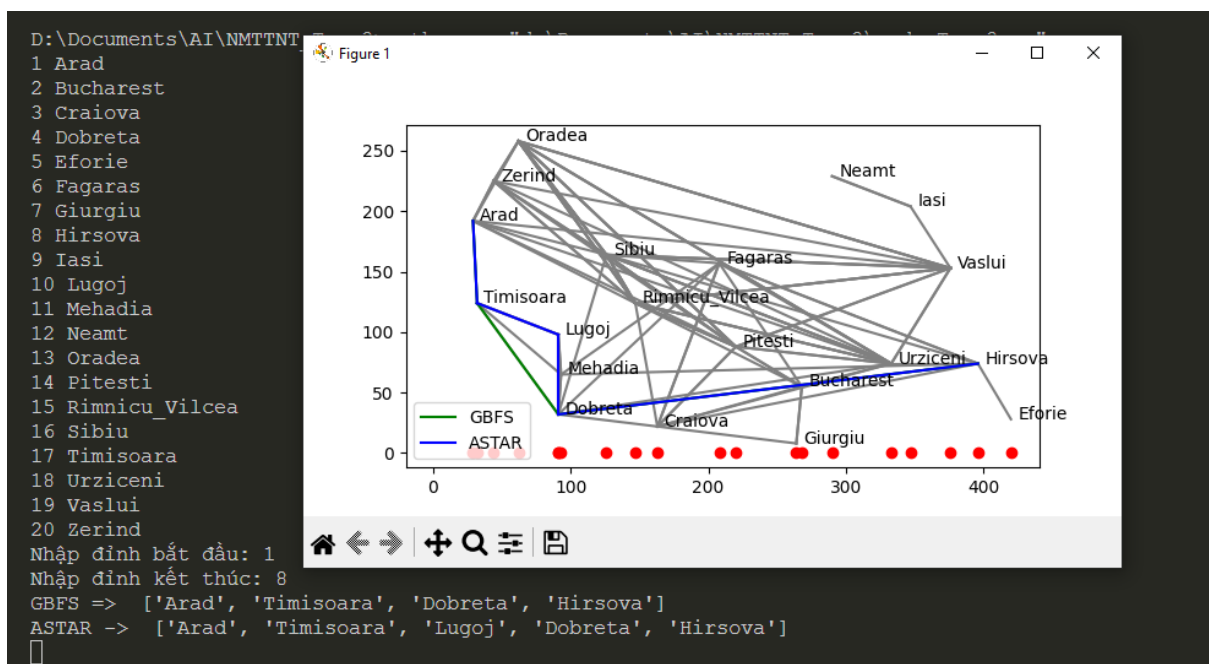
```
D:\Documents\AI\NMTTNT_Tuan3>python -u "d:\Documents\AI\NMTTNT_Tuan3\code_Tuan3.py"
1 Arad
2 Bucharest
3 Craiova
4 Dobreta
5 Eforie
6 Fagaras
7 Giurgiu
8 Hirsova
9 Iasi
10 Lugoj
11 Mehadia
12 Neamt
13 Oradea
14 Pitesti
15 Rimnicu_Vilcea
16 Sibiu
17 Timisoara
18 Urziceni
19 Vaslui
20 Zerind
Nhập đỉnh bắt đầu: 1
Nhập đỉnh kết thúc: 20
Traceback (most recent call last):
  File "d:\Documents\AI\NMTTNT_Tuan3\code_Tuan3.py", line 167, in <module>
    gbfs = GBFS(startCity, heuristic, graph, endcity)
  File "d:\Documents\AI\NMTTNT_Tuan3\code_Tuan3.py", line 85, in GBFS
    priorityQueue.put((heuristics[i[0]], i[0]))
KeyError: 'Dobreta'
```

- Lỗi 'KeyError' xuất hiện khi không tìm thấy key đã chỉ định. Trường hợp trên ta không tìm thấy key 'Dobreta', xét file 'heuristics.txt' ta thấy có tồn tại key có tên tương tự là 'Drobeta'.

- Xét thấy tên 'Drobeta' mới là tên chuẩn nên ta sẽ sửa lại tên thành phố này ở toàn bộ các file txt nếu có sai sót (Bên dưới là ảnh minh họa lúc chưa chỉnh sửa tên).

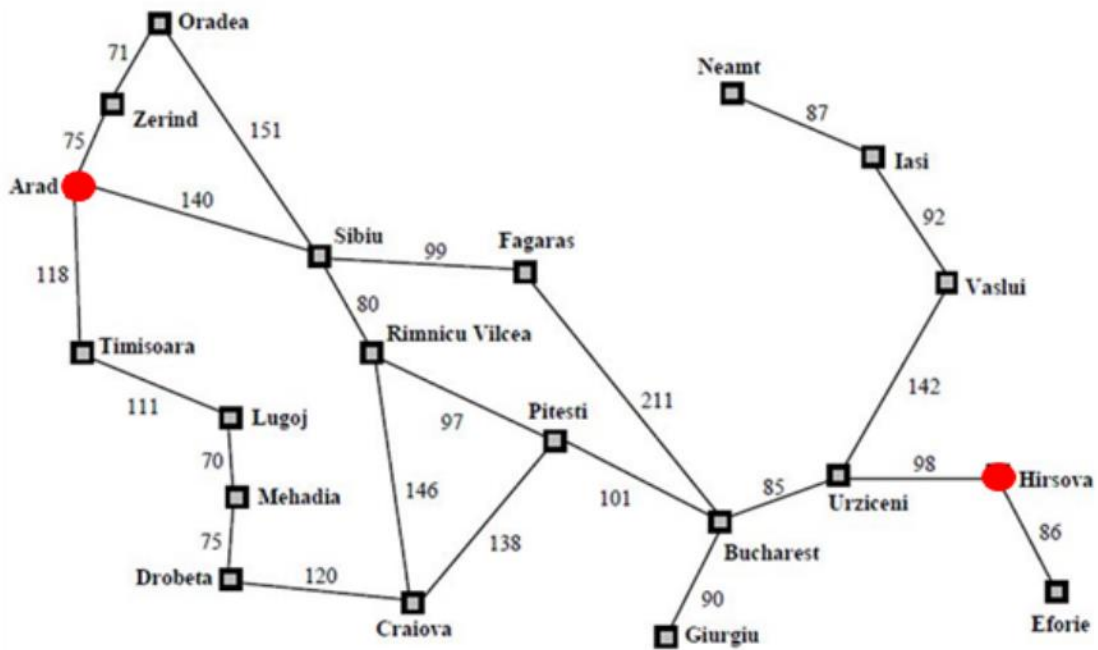
cities.txt		heuristics.txt
1 Arad 29 192		1 Arad 366
2 Bucharest 268 55		2 Bucharest 20
3 Craiova 163 22		3 Craiova 160
4 Dobreta 91 32		4 Drobeta 242
5 Eforie 420 28		5 Eforie 161
6 Fagaras 208 157		6 Fagaras 176
7 Giurgiu 264 8		7 Giurgiu 77
8 Hirsova 396 74		8 Hirsova 0
9 Iasi 347 204		9 Iasi 226
10 Lugoj 91 98		10 Lugoj 244
11 Mehadia 93 65		11 Mehadia 241
12 Neamt 290 229		12 Neamt 234
13 Oradea 62 258		13 Oradea 380
14 Pitesti 220 88		14 Pitesti 100
15 Rimnicu_Vilcea 147 124		15 Rimnicu_Vilcea 193
16 Sibiu 126 164		16 Sibiu 253
17 Timisoara 32 124		17 Timisoara 329
18 Urziceni 333 74		18 Urziceni 10
19 Vaslui 376 153		19 Vaslui 199
20 Zerind 44 225		20 Zerind 374
		21
		22

- Sau khi sửa tất cả các lỗi trên sau đó chạy file ta được kết quả như hình bên dưới



- Như vậy với kết quả trên ta thấy chương trình đã hoạt động và không còn lỗi syntax.

-Tuy nhiên kiểm tra lại kết quả ta thấy có điều bất thường là graph phức tạp hơn mẫu đã cho như hình (1) bên dưới và có những mối liên kết giữa các thành phố không được định nghĩa trước xuất hiện, thêm vào đó khi kiểm tra lại file code, ở hàm 'createGraph()' ta thấy điều bất thường như hình (2) bên dưới, đây là dấu hiệu thông báo biến chưa được sử dụng. Đây là lỗi logic.



(1) – sơ đồ đã cho ban đầu

```

def createGraph():
    graph = {}
    file = open("citiesGraph.txt")
    for i in file.readlines():
        node_val = i.split()

        if node_val[0] in graph and node_val[1] in graph:
            c = graph.get(node_val[0])
            c.append([node_val[1], node_val[2]])
            graph.update({node_val[0]: c})

            c = graph.get(node_val[1])
            c.append([node_val[0], node_val[2]])
            graph.update({node_val[1]: c})

        elif node_val[0] in graph:
            c = graph.get(node_val[0])
            c.append([node_val[1], node_val[2]])
            graph.update({node_val[0]: c})

            graph[node_val[1]] = [[node_val[0], node_val[2]]]

        elif node_val[1] in graph:
            c = graph.get(node_val[1])
            c.append([node_val[0], node_val[2]])
            graph.update({node_val[1]: c})

            graph[node_val[0]] = [[node_val[1], node_val[2]]]

        else:
            graph[node_val[0]] = [[node_val[1], node_val[2]]]
            graph[node_val[1]] = [[node_val[0], node_val[2]]]

    return graph
  
```

(2) - dấu hiệu chưa biến chưa được sử dụng là màu nhạt hơn.

- Do đó ta cần sửa lại 'C' chuyển thành 'c'
- Sau khi sửa lại code ta chạy file và được kết quả như sau:

```
D:\Documents\AI\NMTTNT_Tuan3>python -u "d:\Documents\AI\NMTTNT_Tuan3\code_Tuan3.py"
1 Arad
2 Bucharest
3 Craiova
4 Dobreta
5 Eforie
6 Fagaras
7 Giurgiu
8 Hirsova
9 Iasi
10 Lugoj
11 Mehadia
12 Neamt
13 Oradea
14 Pitesti
15 Rimnicu_Vilcea
16 Sibiu
17 Timisoara
18 Urziceni
19 Vaslui
20 Zerind
Nhập đỉnh bắt đầu: 1
Nhập đỉnh kết thúc: 8
GBFS => ['Arad', 'Timisoara', 'Lugoj', 'Mehadia', 'Dobreta', 'Craiova', 'Pitesti', 'Bucharest', 'Urziceni', 'Hirsova']
ASTAR -> ['Arad', 'Timisoara', 'Lugoj', 'Mehadia', 'Dobreta', 'Craiova', 'Pitesti', 'Bucharest', 'Urziceni', 'Hirsova']
Traceback (most recent call last):
  File "d:\Documents\AI\NMTTNT_Tuan3\code_Tuan3.py", line 172, in <module>
    drawMap(city, gbfs, astar, graph)
  File "d:\Documents\AI\NMTTNT_Tuan3\code_Tuan3.py", line 119, in drawMap
    n = city[k[0]]
KeyError: 'i»Arad'
```

- Chưa bàn đến đây có phải lộ trình ngắn nhất từ Arad đến Hirsova hay chưa nhưng đây là một lộ trình tuân theo sơ đồ đã cho.
- Tuy nhiên lỗi tiếp theo xuất hiện ở hàm 'drawMap()', lỗi KeyError đã phân tích ở trên.
- Tiến hành kiểm tra ta thấy graph nhận được như hình bên dưới. Ta thấy chỉ mỗi 2 tên thành phố Arad bị lỗi như bên dưới, còn lại đều bình thường.

```
D:\Documents\AI\NMTTNT_Tuan3>python -u "d:\Documents\AI\NMTTNT_Tuan3\code_Tuan3.py"
{'i»Arad': [['Sibiu', '140']], 'Sibiu': [['i»Arad', '140'], ['Fagaras', '99'], ['Oradea', '151'], ['Rimnicu_Vilcea', '80']], 'Arad': [['Timisoara', '118'], ['Zerind', '75']], 'Timisoara': [['Arad', '118'], ['Lugoj', '111']], 'Zerind': [['Arad', '75'], ['Oradea', '71']], 'Bucharest': [['Fagaras', '211'], ['Giurgiu', '90'], ['Pitesti', '101'], ['Urziceni', '85']], 'Fagaras': [['Bucharest', '211'], ['Sibiu', '99'], 'Giurgiu': [['Bucharest', '90'], 'Pitesti': [['Bucharest', '101'], ['Craiova', '138'], ['Rimnicu_Vilcea', '97']], 'Urziceni': [['Bucharest', '85'], ['Hirsova', '98'], ['Vaslui', '142']], 'Craiova': [['Dobreta', '120'], ['Pitesti', '138'], ['Rimnicu_Vilcea', '146']], 'Dobreta': [['Craiova', '120'], ['Mehadia', '75']], 'Rimnicu_Vilcea': [['Craiova', '146'], ['Pitesti', '97'], ['Sibiu', '80'], 'Mehadia': [['Dobreta', '75'], ['Lugoj', '70']], 'Eforie': [['Hirsova', '86']], 'Hirsova': [['Eforie', '86'], ['Urziceni', '98']], 'Iasi': [['Neamt', '87'], ['Vaslui', '92']], 'Neamt': [['Iasi', '87'], 'Vaslui': [['Iasi', '92'], ['Urziceni', '142']], 'Lugoj': [['Mehadia', '70'], ['Timisoara', '111']], 'Oradea': [['Zerind', '71'], ['Sibiu', '151']]
```

- Tiến hành sửa lỗi như sau:
- + Lưu ý lỗi này bắt nguồn khi graph có những ký tự lạ như ảnh trên do đó vấn đề nằm ở hàm 'createGraph()' do đó ta sẽ cố gắng sửa graph cho đúng bằng cách chỉnh lại các câu lệnh ở hàm 'createGraph()' để graph được trả về đúng
- + Đầu tiên ta thêm ma hoá (encoding='utf-8') vào câu lệnh open(). Ta được graph trả về như sau:

```
D:\Documents\AI\NMTTNT_Tuan3>python -u "d:\Documents\AI\NMTTNT_Tuan3\code_Tuan3.py"
{'\uffeffArad': [['Sibiu', '140']], 'Sibiu': [['\uffeffArad', '140'], ['Fagaras', '99'], ['Oradea', '151'], ['Rimnicu_Vilcea', '80']], 'Arad': [['Timisoara', '118'], ['Zerind', '75']], 'Timisoara': [['Arad', '118'], ['Lugoj', '111']], 'Zerind': [['Arad', '75'], ['Oradea', '71']], 'Bucharest': [['Fagaras', '211'], ['Giurgiu', '90'], ['Pitesti', '101'], ['Urziceni', '85']], 'Fagaras': [['Bucharest', '211'], ['Sibiu', '99'], 'Giurgiu': [['Bucharest', '90'], 'Pitesti': [['Bucharest', '101'], ['Craiova', '138'], ['Rimnicu_Vilcea', '97']], 'Urziceni': [['Bucharest', '85'], ['Hirsova', '98'], ['Vaslui', '142']], 'Craiova': [['Dobreta', '120'], ['Pitesti', '138'], ['Rimnicu_Vilcea', '146']], 'Dobreta': [['Craiova', '120'], ['Mehadia', '75']], 'Rimnicu_Vilcea': [['Craiova', '146'], ['Pitesti', '97'], ['Sibiu', '80'], 'Mehadia': [['Dobreta', '75'], ['Lugoj', '70']], 'Eforie': [['Hirsova', '86']], 'Hirsova': [['Eforie', '86'], ['Urziceni', '98']], 'Iasi': [['Neamt', '87'], ['Vaslui', '92']], 'Neamt': [['Iasi', '87'], 'Vaslui': [['Iasi', '92'], ['Urziceni', '142']], 'Lugoj': [['Mehadia', '70'], ['Timisoara', '111']], 'Oradea': [['Zerind', '71'], ['Sibiu', '151']]
```

Các ký tự trước Arad lúc trước giờ đã trở thành '\uffeff' chỉ xuất hiện ở 2 dòng đầu của file 'citiesGraph.txt' (do 2 dòng đầu của file txt bắt đầu bằng 'Arad'). Do đó ta chỉnh sửa lại mã hoá trở thành encoding='utf-8-sig'. 'utf-8-sig' là một biến thể của 'utf-8' nhưng điểm đặc biệt là 'utf-8-sig' có chứa ký tự đặc biệt ở đầu tệp. Hàm 'createGraph()' thay đổi như hình bên dưới.

```

31 # Khởi tạo đồ thị các thành phố từ file
32 def createGraph():
33     graph = {}
34     file = open("citiesGraph.txt", encoding='utf-8-sig')
35     for i in file.readlines():
36         node_val = i.strip().split()
37
38         if node_val[0] in graph and node_val[1] in graph:
39             c = graph.get(node_val[0])
40             c.append([node_val[1], node_val[2]])
41             graph.update({node_val[0]: c})
42

```

+ Sau khi chỉnh sửa encoding ta kiểm tra lại thì được graph như sau:

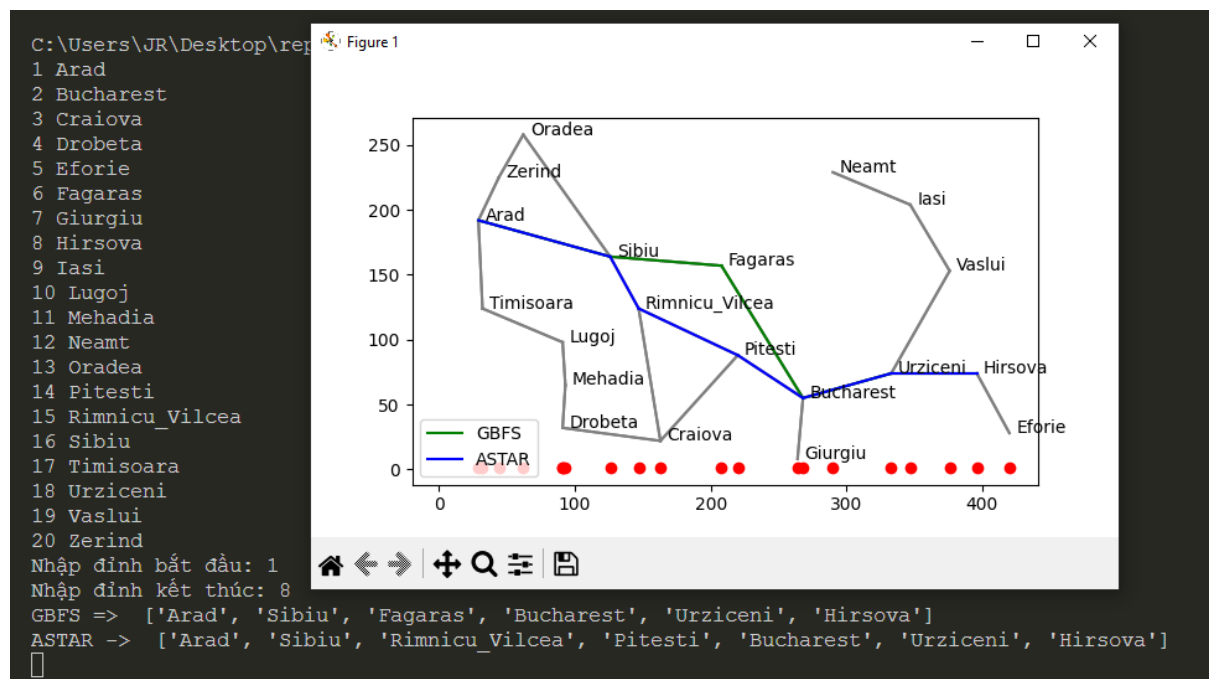
```

D:\Documents\AI\NMTTNT Tuan3>python -u "d:\Documents\AI\NMTTNT Tuan3\code Tuan3.py"
{'Arad': [['Sibiu', '140'], ['Timisoara', '118'], ['Zerind', '75']], 'Sibiu': [['Arad', '140'], ['Fagaras', '99'], ['Oradea', '151'], ['Rimnicu_Vilcea', '80']], 'Timisoara': [['Arad', '118'], ['Lugoj', '111'], ['Zerind', '75'], ['Oradea', '71']], 'Bucharest': [['Fagaras', '211'], ['Giurgiu', '90'], ['Pitesti', '101'], ['Urziceni', '85']], 'Fagaras': [['Bucharest', '211'], ['Sibiu', '99']], 'Giurgiu': [['Bucharest', '90']], 'Pitesti': [['Bucharest', '101'], ['Craiova', '138'], ['Rimnicu_Vilcea', '97']], 'Urziceni': [['Bucharest', '85'], ['Hirsova', '98'], ['Vaslui', '142']], 'Craiova': [['Dobreta', '120'], ['Pitesti', '138'], ['Rimnicu_Vilcea', '146']], 'Dobreta': [['Craiova', '120'], ['Mehadia', '75']], 'Rimnicu_Vilcea': [['Craiova', '146'], ['Pitesti', '97'], ['Sibiu', '80']], 'Mehadia': [['Dobreta', '75'], ['Lugoj', '70']], 'Eforie': [['Hirsova', '86']], 'Hirsova': [['Eforie', '86'], ['Urziceni', '98']], 'Iasi': [['Neamt', '87'], ['Vaslui', '92']], 'Neamt': [['Iasi', '87'], ['Vaslui', '92']], 'Vaslui': [['Iasi', '92'], ['Urziceni', '142']], 'Lugoj': [['Mehadia', '70'], ['Timisoara', '111'], 'Oradea': [['Zerind', '71'], ['Sibiu', '151']]}

```

+ Như vậy graph trả về đúng như dạng ta mong muốn.

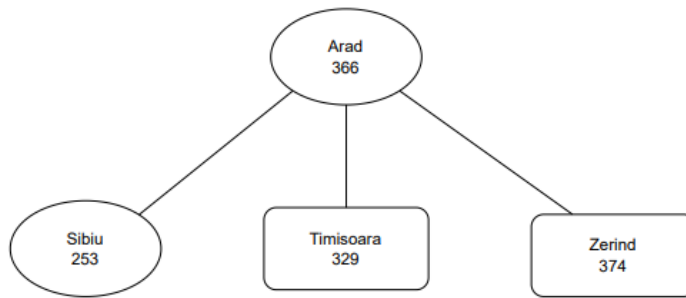
- Sau khi chạy lại chương trình ta được kết quả như bên dưới. Hoàn toàn đúng với đồ thị đã cho trước.



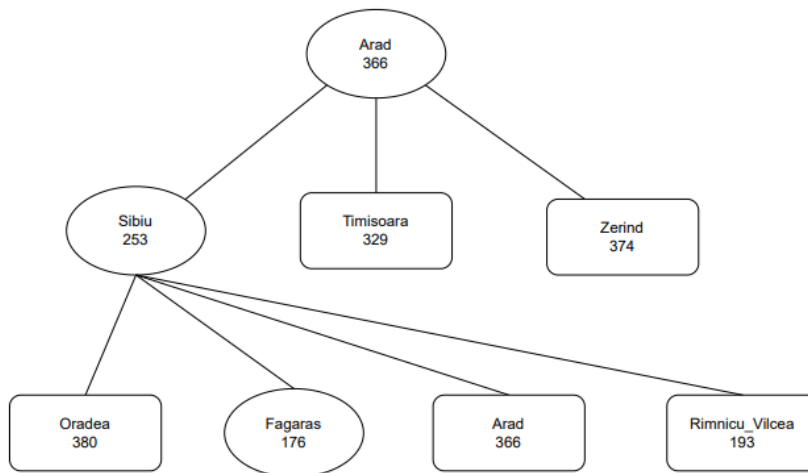
* Tại đây ta đã hoàn thành việc chỉnh sửa lại file code và các file text đã cho.

Chạy tay thuật toán GBFS:

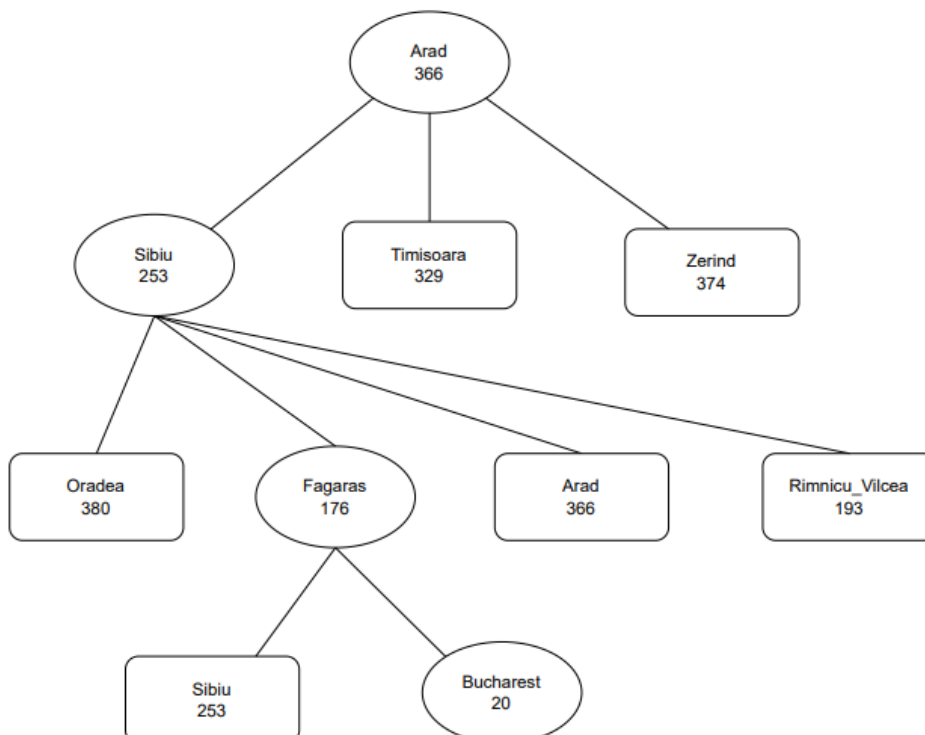
- Bắt đầu từ Arad, tìm các hàng xóm của Arad và tính các hàm ước lượng từ các điểm đó tới điểm đích (Các thành phố được chọn sẽ được biểu diễn trong hình elip).



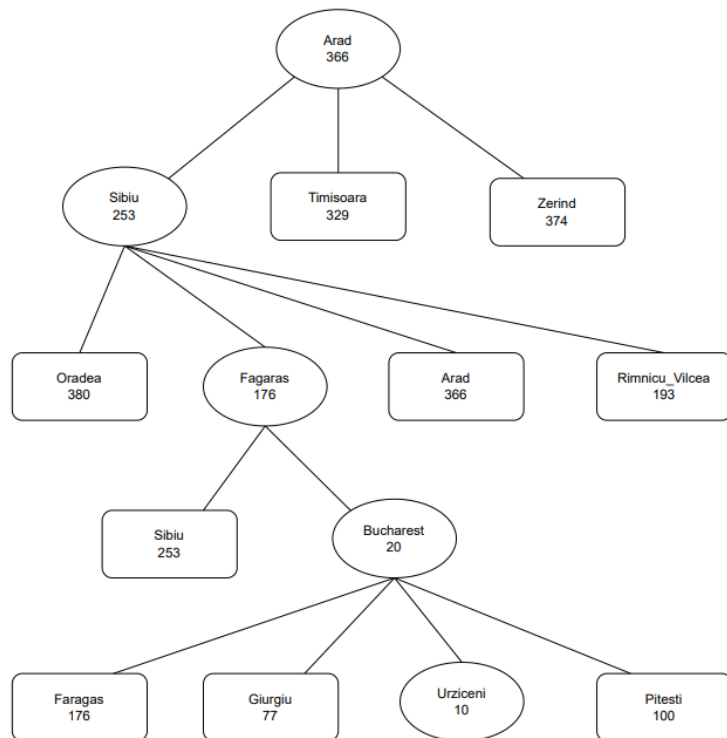
- Ta thấy Sibiu có ước lượng nhỏ nhất nên ta tiếp tục phát triển từ Sibiu.



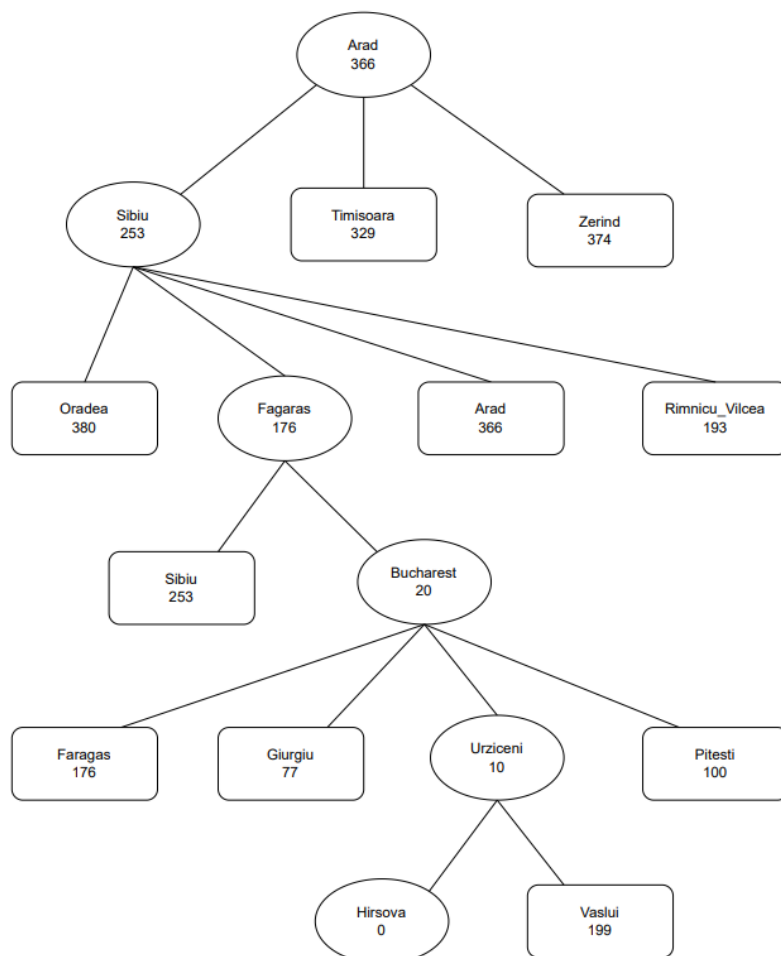
- Và tương tự Fagaras có ước lượng nhỏ nhất nên tiếp tục phát triển từ Fagaras.



- Ta tiếp tục phát triển từ Bucharest.



- Ước lượng nhỏ nhất là Urziceni nên ta tiếp tục các bước tương tự với Urziceni và cuối cùng đến được điểm đích như bên dưới và khi đó ta dừng thuật toán



Chạy tay thuật toán A*:

Tmax = Arad

open = {(Arad h = 0, g = 0, f = 0)}

close= {(Arad h = 0, g = 0, f = 0)}

Từ Arad có thể đi đến Sibiu, Timisoara, Zerind

$h(\text{Sibiu}) = 253$

$g(\text{Sibiu}) = g(\text{Arad}) + \text{cost}(\text{Arad}, \text{Sibiu}) = 140$

$f(\text{Sibiu}) = 393$

$\text{Cha}(\text{Sibiu}) = \text{Arad}$

$h(\text{Timisoara}) = 329$

$g(\text{Timisoara}) = g(\text{Arad}) + \text{cost}(\text{Arad}, \text{Timisoara}) = 118$

$f(\text{Timisoara}) = 447$

$\text{Cha}(\text{Timisoara}) = \text{Arad}$

$h(\text{Zerind}) = 374$

$g(\text{Zerind}) = g(\text{ar}) + \text{cost}(\text{Arad}, \text{Zerind}) = 75$

$f(\text{Zerind}) = 449$

$\text{Cha}(\text{Zering}) = \text{Arad}$

Do Sibiu, Timisoara, Zerind đều không có trong open nên ta thêm vào open

- open = {(Sibiu h = 253, g = 140, f = 393, Cha(Sibiu) = Arad)},

(Timisoara h = 329, g = 118, f = 447, Cha(Timisoara) = Arad)},

(Zerind h = 374, g = 75, f = 449, Cha(Zerind) = Arad))}

- close= {(Arad h = 0, g = 0, f = 0)}

Trong open Sibiu là nút có giá trị f nhỏ nhất nên

Tmax = Sibiu

- open = { (Timisoara h = 329, g = 118, f = 447, Cha(Timisoara) = Arad),

(Zerind h = 374, g = 75, f = 449, Cha(Zerind) = Arad)}

- close= {(Sibiu h = 253, g = 140, f = 393, Cha(Sibiu) = Arad),

(Arad h = 0, g = 0, f = 0)}

Từ Sibiu có thể đi đến Arad, Fagaras, Oradea, R.Vilcea

$h(\text{Arad}) = 366$

$g(\text{Arad}) = g(\text{Sibiu}) + \text{cost}(\text{Sibiu}, \text{Arad}) = 280$

$$f(\text{Arad}) = 646$$

$$h(\text{Fagaras}) = 176$$

$$g(\text{Fagaras}) = g(\text{Sibiu}) + \text{cost}(\text{Sibiu}, \text{Fagaras}) = 239$$

$$f(\text{Fagaras}) = 415$$

$$h(\text{Oradea}) = 380$$

$$g(\text{Oradea}) = g(\text{Sibiu}) + \text{cost}(\text{Sibiu}, \text{Oradea}) = 291$$

$$f(\text{Oradea}) = 671$$

$$h(\text{R.Vilcea}) = 193$$

$$g(\text{R.Vilcea}) = g(\text{Sibiu}) + \text{cost}(\text{Sibiu}, \text{R.Vilcea}) = 220$$

$$f(\text{R.Vilcea}) = 413$$

Nút Arad đã có trong close nhưng $g(\text{Arad}) = 380$ lớn hơn $g(\text{Arad})$ lưu trong close nên không cập nhật g và f của Arad trong close. 3 Nút Fagaras, Oradea, R.Vilcea đều không có trong close nên thêm 3 nút vào open

- open = { (Timisoara $h = 329$, $g = 118$, $f = 447$, Cha = Arad),

(Zerind $h = 374$, $g = 75$, $f = 449$, Cha = Arad),

(Fagaras $h = 176$, $g = 239$, $f = 415$, Cha = Sibiu),

(Oradea $h = 380$, $g = 291$, $f = 617$, Cha = Sibiu),

(R.Vilcea $h = 193$, $g = 220$, $f = 413$, Cha = Sibiu)}

- close = {(Sibiu $h = 253$, $g = 140$, $f = 393$, Cha = Arad),

(Arad $h = 0$, $g = 0$, $f = 0$)}

Trong open R.Vilcea là nút có giá trị f nhỏ nhất nên

Tmax = R.Vilcea

- open = { (Timisoara $h = 329$, $g = 118$, $f = 447$, Cha = Arad),

(Zerind $h = 374$, $g = 75$, $f = 449$, Cha = Arad),

(Fagaras $h = 176$, $g = 239$, $f = 415$, Cha = Sibiu),

(Oradea $h = 380$, $g = 291$, $f = 617$, Cha = Sibiu)}

- close = {(R.Vilcea $h = 193$, $g = 220$, $f = 413$, Cha = Sibiu),

(Sibiu $h = 253$, $g = 140$, $f = 393$, Cha = Arad),

(Arad $h = 0$, $g = 0$, $f = 0$)}

Từ R.Vilcea đến được Craiova, Pitesti, Sibiu

$$h(\text{Sibiu}) = 253$$

$$g(\text{Sibiu}) = g(\text{R.Vilcea}) + \text{cost}(\text{R.Vilcea}, \text{Sibiu}) = 300$$

$$f(\text{Sibiu}) = 553$$

$$h(\text{Craiova}) = 160$$

$$g(\text{Craiova}) = g(\text{R.Vilcea}) + \text{cost}(\text{R.Vilcea}, \text{Craiova}) = 366$$

$$f(\text{Craiova}) = 526$$

$$h(\text{Pitesti}) = 100$$

$$g(\text{Pitesti}) = g(\text{R.Vilcea}) + \text{cost}(\text{R.Vilcea}, \text{Pitesti}) = 317$$

$$f(\text{Pitesti}) = 417$$

Do Sibiu đã có trong close và $g(\text{Sibiu})$ là 553 lớn hơn $g(\text{Sibiu})$ trong close nên không cập nhật g và f trong close. Craiova và Pitesti đều không có trong open nên đưa vào open đặt Cha chúng là R.Vilcea

- open = { (Timisoara $h = 329$, $g = 118$, $f = 447$, Cha = Arad),

(Zerind $h = 374$, $g = 75$, $f = 449$, Cha = Arad),

(Fagaras $h = 176$, $g = 239$, $f = 415$, Cha = Sibiu),

(Oradea $h = 380$, $g = 291$, $f = 617$, Cha = Sibiu),

(Craiova $h = 160$, $g = 366$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea),

(Pitesti $h = 100$, $g = 317$, $f = 417$, Cha = R.Vilcea)}

- close= {(R.Vilcea $h = 193$, $g = 220$, $f = 413$, Cha = Sibiu),

(Sibiu $h = 253$, $g = 140$, $f = 393$, Cha = Arad),

(Arad $h = 0$, $g = 0$, $f = 0$)}

Từ tập open, nút Fagaras có giá trị f nhỏ nhất nên

Tmax = Fagaras

- open = { (Timisoara $h = 329$, $g = 118$, $f = 447$, Cha = Arad),

(Zerind $h = 374$, $g = 75$, $f = 449$, Cha = Arad),

(Oradea $h = 380$, $g = 291$, $f = 617$, Cha = Sibiu),

(Craiova $h = 160$, $g = 366$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea),

(Pitesti $h = 100$, $g = 317$, $f = 417$, Cha = R.Vilcea)}

- close= {(Fagaras $h = 176$, $g = 239$, $f = 415$, Cha = Sibiu),

(R.Vilcea $h = 193$, $g = 220$, $f = 413$, Cha = Sibiu),

(Sibiu $h = 253$, $g = 140$, $f = 393$, Cha = Arad),

(Arad $h = 0$, $g = 0$, $f = 0$)}

Từ Fagaras đến được Sibiu, Bucharest

$h(\text{Sibiu}) = 253$

$g(\text{Sibiu}) = g(\text{Fagaras}) + \text{cost}(\text{Fagaras}, \text{Sibiu}) = 338$

$f(\text{Sibiu}) = 591$

$h(\text{Bucharest}) = 20$

$g(\text{Bucharest}) = g(\text{Fagaras}) + \text{cost}(\text{Fagaras}, \text{Bucharest}) = 450$

$f(\text{Bucharest}) = 470$

Do Sibiu đã có trong tập open nhưng $g(\text{Sibiu})$ mới có giá trị là 338 lớn hơn $g(\text{Sibiu})$ trong close nên không cập nhật g và f của Sibiu trong close. Bucharest không có trong tập open nên thêm vào open

- open = { (Timisoara $h = 329$, $g = 118$, $f = 447$, Cha = Arad),

(Zerind $h = 374$, $g = 75$, $f = 449$, Cha = Arad),

(Oradea $h = 380$, $g = 291$, $f = 617$, Cha = Sibiu),

(Craiova $h = 160$, $g = 366$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea),

(Pitesti $h = 100$, $g = 317$, $f = 417$, Cha = R.Vilcea),

(Bucharest $h = 20$, $g = 450$, $f = 470$, Cha = Fagaras)}

- close = {(Fagaras $h = 176$, $g = 239$, $f = 415$, Cha = Sibiu),

(R.Vilcea $h = 193$, $g = 220$, $f = 413$, Cha = Sibiu),

(Sibiu $h = 253$, $g = 140$, $f = 393$, Cha = Arad),

(Arad $h = 0$, $g = 0$, $f = 0$)}

Trong open Pitesti có f nhỏ nhất nên

Tmax = Pitesti

- open = { (Timisoara $h = 329$, $g = 118$, $f = 447$, Cha = Arad),

(Zerind $h = 374$, $g = 75$, $f = 449$, Cha = Arad),

(Oradea $h = 380$, $g = 291$, $f = 617$, Cha = Sibiu),

(Craiova $h = 160$, $g = 366$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea),

(Bucharest $h = 20$, $g = 450$, $f = 470$, Cha = Fagaras)}

- close= {(Pitesti h = 100, g = 317, f = 417, Cha = R.Vilcea),
 (Fagaras h = 176, g = 239, f = 415, Cha= Sibiu),
 (R.Vilcea h = 193, g = 220, f = 413, Cha = Sibiu),
 (Sibiu h = 253, g = 140, f = 393, Cha = Arad),
 (Arad h = 0, g = 0, f = 0)}

Từ Pitesti đến được R.Vilcea, Bucharest, Craiova

$h(R.Vilcea) = 193$

$g(R.Vilcea) = g(Pitesti) + cost(Pitesti, R.Vilcea) = 414$

$f(R.Vilcea) = 607$

$h(Bucharest) = 20$

$g(Bucharest) = g(Pitesti) + cost(Pitesti, Bucharest) = 418$

$f(Bucharest) = 438$

$h(Craiova) = 160$

$g(Craiova) = g(Pitesti) + cost(Pitesti, Craiova) = 455$

$f(Craiova) = 615$

Do R.Vilcea đã có trong close và $g(R.Vilcea)$ mới có giá trị là 417 lớn hơn $g(R.Vilcea)$ trong close nên không cập nhật g và f của R.Vilcea trong close. Craiova đã có trong open và $g(Craiova)$ mới có giá trị là 455 lớn hơn $g(Craiova)$ trong open nên không cập nhật g và f của Craiova trong open. Bucharest đã có trong open và $g(Bucharest)$ mới có giá trị là 418 nhỏ hơn $g(Bucharest)$ trong open nên cập nhật lại g và f của Bucharest

- open = { (Timisoara h = 329, g = 118, f = 447, Cha = Arad),
 (Zerind h = 374, g = 75, f = 449, Cha = Arad),
 (Oradea h = 380, g = 291, f = 617, Cha = Sibiu),
 (Craiova h = 160, g = 366, f = 526, Cha = R.Vilcea),
 (Bucharest h = 20, g = 418, f = 438, Cha = Pitesti)}
 - close= {(Pitesti h = 100, g = 317, f = 417, Cha = R.Vilcea),
 (Fagaras h = 176, g = 239, f = 415, Cha= Sibiu),
 (R.Vilcea h = 193, g = 220, f = 413, Cha = Sibiu),
 (Sibiu h = 253, g = 140, f = 393, Cha = Arad),
 (Arad h = 0, g = 0, f = 0)}

Trong open Bucharest có giá trị f nhỏ nhất nên

Tmax = Bucharest

- open = { (Timisoara h = 329, g = 118, f = 447, Cha = Arad),
(Zerind h = 374, g = 75, f = 449, Cha = Arad),
(Oradea h = 380, g = 291, f = 617, Cha = Sibiu),
(Craiova h = 160, g = 366, f = 526, Cha = R.Vilcea)}
- close= {(Bucharest h = 20, g = 418, f = 438, Cha = Pitesti),
(Pitesti h = 100, g = 317, f = 417, Cha = R.Vilcea),
(Fagaras h = 176, g = 239, f = 415, Cha= Sibiu),
(R.Vilcea h = 193, g = 220, f = 413, Cha = Sibiu),
(Sibiu h = 253, g = 140, f = 393, Cha = Arad),
(Arad h = 0, g = 0, f = 0)}

Từ Bucharest có thể đến được Pitesti, Fagaras, Giurgiu, Urziceni

$h(\text{Pitesti}) = 100$

$g(\text{Pitesti}) = g(\text{Bucharest}) + \text{cost}(\text{Bucharest}, \text{Pitesti}) = 519$

$f(\text{Pitesti}) = 619$

$h(\text{Fagaras}) = 176$

$g(\text{Fagaras}) = g(\text{Bucharest}) + \text{cost}(\text{Bucharest}, \text{Fagaras}) = 629$

$f(\text{Fagaras}) = 805$

$h(\text{Giurgiu}) = 77$

$g(\text{Giurgiu}) = g(\text{Bucharest}) + \text{cost}(\text{Bucharest}, \text{Giurgiu}) = 508$

$f(\text{Giurgiu}) = 585$

$h(\text{Urziceni}) = 10$

$g(\text{Urziceni}) = g(\text{Bucharest}) + \text{cost}(\text{Bucharest}, \text{Urziceni}) = 503$

$f(\text{Urziceni}) = 513$

Pitesti và Fagaras đã có trong close và $g(\text{Pitesti})$ và $g(\text{Fagaras})$ mới có giá trị lớn hơn $g(\text{Pitesti})$ và $g(\text{Fagaras})$ trong close nên không cập nhật g và f của 2 nút Pitesti và Fagaras. Giurgiu và Urziceni không có trong open nên thêm vào open

- open = { (Timisoara h = 329, g = 118, f = 447, Cha = Arad),
(Zerind h = 374, g = 75, f = 449, Cha = Arad),
(Oradea h = 380, g = 291, f = 617, Cha = Sibiu),

(Craiova $h = 160$, $g = 366$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea),
 (Giurgiu $h = 77$, $g = 508$, $f = 585$, Cha = Bucharest),
 (Urziceni $h = 10$, $g = 503$, $f = 513$, Cha = Bucharest))
 - close= {(Bucharest $h = 20$, $g = 418$, $f = 438$, Cha = Pitesti),
 (Pitesti $h = 100$, $g = 317$, $f = 417$, Cha = R.Vilcea),
 (Fagaras $h = 176$, $g = 239$, $f = 415$, Cha= Sibiu),
 (R.Vilcea $h = 193$, $g = 220$, $f = 413$, Cha = Sibiu),
 (Sibiu $h = 253$, $g = 140$, $f = 393$, Cha = Arad),
 (Arad $h = 0$, $g = 0$, $f = 0$)}

Trong open Timisoara có giá trị f nhỏ nhất nên

$T_{max} = \text{Timisoara}$

- open = {(Zerind $h = 374$, $g = 75$, $f = 449$, Cha = Arad),
 (Oradea $h = 380$, $g = 291$, $f = 617$, Cha = Sibiu),
 (Craiova $h = 160$, $g = 366$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea),
 (Giurgiu $h = 77$, $g = 508$, $f = 585$, Cha = Bucharest),
 (Urziceni $h = 10$, $g = 503$, $f = 513$, Cha = Bucharest))
 - close= { (Timisoara $h = 329$, $g = 118$, $f = 447$, Cha = Arad),
 (Bucharest $h = 20$, $g = 418$, $f = 438$, Cha = Pitesti),
 (Pitesti $h = 100$, $g = 317$, $f = 417$, Cha = R.Vilcea),
 (Fagaras $h = 176$, $g = 239$, $f = 415$, Cha= Sibiu),
 (R.Vilcea $h = 193$, $g = 220$, $f = 413$, Cha = Sibiu),
 (Sibiu $h = 253$, $g = 140$, $f = 393$, Cha = Arad),
 (Arad $h = 0$, $g = 0$, $f = 0$)}

Từ Timisoara có thể đến được Arad và Lugoj

$h(\text{Arad}) = 366$

$g(\text{Arad}) = g(\text{Timisoara}) + \text{cost}(\text{Timisoara}, \text{Arad}) = 236$

$f(\text{Arad}) = 602$

$h(\text{Lugoj}) = 244$

$g(\text{Lugoj}) = g(\text{Timisoara}) + \text{cost}(\text{Timisoara}, \text{Lugoj}) = 229$

$f(\text{Lugoj}) = 473$

Do Arad đã có trong close và $g(\text{Arad})$ mới có giá trị 236 lớn hơn $g(\text{Arad})$ trong close nên không cập nhật g và f của ar trong close. Lugoj không có trong open nên thêm vào open

- open = {(Lugoj h = 244, g = 229, f = 473, Cha = Timisoara),
 (Zerind h = 374, g = 75, f = 449, Cha = Arad),
 (Oradea h = 380, g = 291, f = 617, Cha = Sibiu),
 (Craiova h = 160, g = 366, f = 526, Cha = R.Vilcea),
 (Giurgiu h = 77, g = 508, f = 585, Cha = Bucharest),
 (Urziceni h = 10, g = 503, f = 513, Cha = Bucharest)}

- close= { (Timisoara h = 329, g = 118, f = 447, Cha = Arad),
 (Bucharest h = 20, g = 418, f = 438, Cha = Pitesti),
 (Pitesti h = 100, g = 317, f = 417, Cha = R.Vilcea),
 (Fagaras h = 176, g = 239, f = 415, Cha= Sibiu),
 (R.Vilcea h = 193, g = 220, f = 413, Cha = Sibiu),
 (Sibiu h = 253, g = 140, f = 393, Cha = Arad),
 (Arad h = 0, g = 0, f = 0)}

Trong open Lugoj có giá trị f nhỏ nhất nên

Tmax = Zerind

- open = {(Lugoj h = 244, g = 229, f = 473, Cha = Timisoara),
 (Oradea h = 380, g = 291, f = 617, Cha = Sibiu),
 (Craiova h = 160, g = 366, f = 526, Cha = R.Vilcea),
 (Giurgiu h = 77, g = 508, f = 585, Cha = Bucharest),
 (Urziceni h = 10, g = 503, f = 513, Cha = Bucharest)}

- close= {(Zerind h = 374, g = 75, f = 449, Cha = Arad),
 (Timisoara h = 329, g = 118, f = 447, Cha = Arad),
 (Bucharest h = 20, g = 418, f = 438, Cha = Pitesti),
 (Pitesti h = 100, g = 317, f = 417, Cha = R.Vilcea),
 (Fagaras h = 176, g = 239, f = 415, Cha= Sibiu),
 (R.Vilcea h = 193, g = 220, f = 413, Cha = Sibiu),
 (Sibiu h = 253, g = 140, f = 393, Cha = Arad),
 (Arad h = 0, g = 0, f = 0)}

Từ Zerind đến được Arad, Oradea

$h(\text{Arad}) = 366$

$g(\text{Arad}) = g(\text{Zerind}) + \text{cost}(\text{Zerind}, \text{Arad}) = 150$

$f(\text{Arad}) = 516$

$$h(\text{Oradea}) = 380$$

$$g(\text{Oradea}) = g(\text{Zerind}) + \text{cost}(\text{Zerind}, \text{Oradea}) = 146$$

$$f(\text{Oradea}) = 526$$

Do Arad đã có trong close và $g(\text{Arad})$ mới có giá trị 150 lớn hơn $g(\text{Arad})$ trong close nên không cập nhật g và f của ar trong close. Oradea đã có trong và $g(\text{Oradea})$ mới có giá trị nhỏ hơn $g(\text{Oradea})$ trong open nên cập nhật g và f trong open

- open = {(Oradea $h = 380$, $g = 146$, $f = 526$, Cha = Zerind)

(Lugoj $h = 244$, $g = 229$, $f = 473$, Cha = Timisoara),

(Craiova $h = 160$, $g = 366$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea),

(Giurgiu $h = 77$, $g = 508$, $f = 585$, Cha = Bucharest),

(Urziceni $h = 10$, $g = 503$, $f = 513$, Cha = Bucharest))

- close= {(Zerind $h = 374$, $g = 75$, $f = 449$, Cha = Arad),

(Timisoara $h = 329$, $g = 118$, $f = 447$, Cha = Arad),

(Bucharest $h = 20$, $g = 418$, $f = 438$, Cha = Pitesti),

(Pitesti $h = 100$, $g = 317$, $f = 417$, Cha = R.Vilcea),

(Fagaras $h = 176$, $g = 239$, $f = 415$, Cha= Sibiu),

(R.Vilcea $h = 193$, $g = 220$, $f = 413$, Cha = Sibiu),

(Sibiu $h = 253$, $g = 140$, $f = 393$, Cha = Arad),

(Arad $h = 0$, $g = 0$, $f = 0$))

Trong open Lugoj có giá trị f nhỏ nhất

Tmax = Lugoj

- open = {(Oradea $h = 380$, $g = 146$, $f = 526$, Cha = Zerind),

(Craiova $h = 160$, $g = 366$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea),

(Giurgiu $h = 77$, $g = 508$, $f = 585$, Cha = Bucharest),

(Urziceni $h = 10$, $g = 503$, $f = 513$, Cha = Bucharest))

- close= {(Lugoj $h = 244$, $g = 229$, $f = 473$, Cha = Timisoara),

(Zerind $h = 374$, $g = 75$, $f = 449$, Cha = Arad),

(Timisoara $h = 329$, $g = 118$, $f = 447$, Cha = Arad),

(Bucharest $h = 20$, $g = 418$, $f = 438$, Cha = Pitesti),

(Pitesti $h = 100$, $g = 317$, $f = 417$, Cha = R.Vilcea),

(Fagaras $h = 176$, $g = 239$, $f = 415$, Cha= Sibiu),

(R.Vilcea $h = 193$, $g = 220$, $f = 413$, Cha = Sibiu),

(Sibiu $h = 253$, $g = 140$, $f = 393$, Cha = Arad),

(Arad $h = 0$, $g = 0$, $f = 0$)}

Từ Lugoj đến được Timisoara, Mehadia

$h(\text{Timisoara}) = 329$

$g(\text{Timisoara}) = g(\text{Lugoj}) + \text{cost}(\text{Lugoj}, \text{Timisoara}) = 340$

$f(\text{Timisoara}) = 669$

$h(\text{Mehadia}) = 241$

$g(\text{Mehadia}) = g(\text{Lugoj}) + \text{cost}(\text{Lugoj}, \text{Mehadia}) = 299$

$f(\text{Mehadia}) = 540$

Do Timisoara đã có trong tập close và $g(\text{Timisoara})$ mới có giá trị 340 lớn hơn $g(\text{Timisoara})$ trong close nên không cập nhật g và f trong close. Mehadia chưa có trong open nên thêm vào open

- open = {(Mehadia $h = 241$, $g = 299$, $f = 540$, Cha = Lugoj),

(Oradea $h = 380$, $g = 146$, $f = 526$, Cha = Zerind),

(Craiova $h = 160$, $g = 366$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea),

(Giurgiu $h = 77$, $g = 508$, $f = 585$, Cha = Bucharest),

(Urziceni $h = 10$, $g = 503$, $f = 513$, Cha = Bucharest)}

- close= {(Lugoj $h = 244$, $g = 229$, $f = 473$, Cha = Timisoara),

(Zerind $h = 374$, $g = 75$, $f = 449$, Cha = Arad),

(Timisoara $h = 329$, $g = 118$, $f = 447$, Cha = Arad),

(Bucharest $h = 20$, $g = 418$, $f = 438$, Cha = Pitesti),

(Pitesti $h = 100$, $g = 317$, $f = 417$, Cha = R.Vilcea),

(Fagaras $h = 176$, $g = 239$, $f = 415$, Cha= Sibiu),

(R.Vilcea $h = 193$, $g = 220$, $f = 413$, Cha = Sibiu),

(Sibiu $h = 253$, $g = 140$, $f = 393$, Cha = Arad),

(Arad $h = 0$, $g = 0$, $f = 0$)}

Trong open Urziceni có giá trị f nhỏ nhất

$T_{\max} = \text{Urziceni}$

- open = {(Mehadia $h = 241$, $g = 299$, $f = 540$, Cha = Lugoj),

(Oradea $h = 380$, $g = 146$, $f = 526$, Cha = Zerind),

(Craiova $h = 160$, $g = 366$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea),
 (Giurgiu $h = 77$, $g = 508$, $f = 585$, Cha = Bucharest),
 - close= {(Urziceni $h = 10$, $g = 503$, $f = 513$, Cha = Bucharest),
 (Lugoj $h = 244$, $g = 229$, $f = 473$, Cha = Timisoara),
 (Zerind $h = 374$, $g = 75$, $f = 449$, Cha = Arad),
 (Timisoara $h = 329$, $g = 118$, $f = 447$, Cha = Arad),
 (Bucharest $h = 20$, $g = 418$, $f = 438$, Cha = Pitesti),
 (Pitesti $h = 100$, $g = 317$, $f = 417$, Cha = R.Vilcea),
 (Fagaras $h = 176$, $g = 239$, $f = 415$, Cha= Sibiu),
 (R.Vilcea $h = 193$, $g = 220$, $f = 413$, Cha = Sibiu),
 (Sibiu $h = 253$, $g = 140$, $f = 393$, Cha = Arad),
 (Arad $h = 0$, $g = 0$, $f = 0$)}

Từ Urziceni đến được Bucharest, Vaslui, Hirsova

$h(\text{Bucharest}) = 20$

$g(\text{Bucharest}) = g(\text{Urziceni}) + \text{cost}(\text{Urziceni}, \text{Bucharest}) = 588$

$f(\text{Bucharest}) = 608$

$h(\text{Vaslui}) = 199$

$g(\text{Vaslui}) = g(\text{Urziceni}) + \text{cost}(\text{Urziceni}, \text{Vaslui}) = 645$

$f(\text{Vaslui}) = 844$

$h(\text{Hirsova}) = 0$

$g(\text{Hirsova}) = g(\text{Urziceni}) + \text{cost}(\text{Urziceni}, \text{Hirsova}) = 601$

$f(\text{Hirsova}) = 601$

Do Bucharest đã có trong close và $g(\text{Bucharest})$ mới có giá trị 588 lớn hơn $g(\text{Bucharest})$ trong close nên trong cập nhật g và f . Vaslui, Hirsova chưa có trong open nên thêm vào open

- open = {(Hirsova $h = 0$, $g = 601$, $f = 601$, Cha = Urziceni),

(Vaslui $h = 199$, $g = 645$, $f = 844$, Cha = Urziceni),

(Mehadia $h = 241$, $g = 299$, $f = 540$, Cha = Lugoj),

(Oradea $h = 380$, $g = 146$, $f = 526$, Cha = Zerind),

(Craiova $h = 160$, $g = 366$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea),

(Giurgiu $h = 77$, $g = 508$, $f = 585$, Cha = Bucharest),}

- close= {(Urziceni $h = 10$, $g = 503$, $f = 513$, Cha = Bucharest),
 (Lugoj $h = 244$, $g = 229$, $f = 473$, Cha = Timisoara),
 (Zerind $h = 374$, $g = 75$, $f = 449$, Cha = Arad),
 (Timisoara $h = 329$, $g = 118$, $f = 447$, Cha = Arad),
 (Bucharest $h = 20$, $g = 418$, $f = 438$, Cha = Pitesti),
 (Pitesti $h = 100$, $g = 317$, $f = 417$, Cha = R.Vilcea),
 (Fagaras $h = 176$, $g = 239$, $f = 415$, Cha= Sibiu),
 (R.Vilcea $h = 193$, $g = 220$, $f = 413$, Cha = Sibiu),
 (Sibiu $h = 253$, $g = 140$, $f = 393$, Cha = Arad),
 (Arad $h = 0$, $g = 0$, $f = 0$)}

Trong open Oradea có f nhỏ nhất

$T_{max} = \text{Oradea}$

- open = {(Hirsova $h = 0$, $g = 601$, $f = 601$, Cha = Urziceni),
 (Vaslui $h = 199$, $g = 645$, $f = 844$, Cha = Urziceni),
 (Mehadia $h = 241$, $g = 299$, $f = 540$, Cha = Lugoj),
 (Craiova $h = 160$, $g = 366$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea),
 (Giurgiu $h = 77$, $g = 508$, $f = 585$, Cha = Bucharest),}
 - close= {(Oradea $h = 380$, $g = 146$, $f = 526$, Cha = Zerind),
 (Urziceni $h = 10$, $g = 503$, $f = 513$, Cha = Bucharest),
 (Lugoj $h = 244$, $g = 229$, $f = 473$, Cha = Timisoara),
 (Zerind $h = 374$, $g = 75$, $f = 449$, Cha = Arad),
 (Timisoara $h = 329$, $g = 118$, $f = 447$, Cha = Arad),
 (Bucharest $h = 20$, $g = 418$, $f = 438$, Cha = Pitesti),
 (Pitesti $h = 100$, $g = 317$, $f = 417$, Cha = R.Vilcea),
 (Fagaras $h = 176$, $g = 239$, $f = 415$, Cha= Sibiu),
 (R.Vilcea $h = 193$, $g = 220$, $f = 413$, Cha = Sibiu),
 (Sibiu $h = 253$, $g = 140$, $f = 393$, Cha = Arad),
 (Arad $h = 0$, $g = 0$, $f = 0$)}

Từ Oradea đến được Zerind, Sibiu

$h(\text{Zerind}) = 374$

$g(\text{Zerind}) = g(\text{Oradea}) + \text{cost}(\text{Oradea}, \text{Zerind}) = 217$

$f(\text{Zerind}) = 591$

$$h(\text{Sibiu}) = 253$$

$$g(\text{Sibiu}) = g(\text{Oradea}) + \text{cost}(\text{Oradea}, \text{Sibiu}) = 297$$

$$f(\text{Sibiu}) = 550$$

Do Zerind và Sibiu đều có trong tập close mà giá trị $g(\text{Zerind})$ mới có giá trị 217 lớn hơn $g(\text{Zerind})$ trong tập close và $g(\text{Sibiu})$ mới có giá trị 297 lớn hơn $g(\text{Sibiu})$ trong tập close nên không cập nhật g và f của cả 2

- open = {(Hirsova $h = 0$, $g = 601$, $f = 601$, Cha = Urziceni),

(Vaslui $h = 199$, $g = 645$, $f = 844$, Cha = Urziceni),

(Mehadia $h = 241$, $g = 299$, $f = 540$, Cha = Lugoj),

(Craiova $h = 160$, $g = 366$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea),

(Giurgiu $h = 77$, $g = 508$, $f = 585$, Cha = Bucharest),}

- close= {(Oradea $h = 380$, $g = 146$, $f = 526$, Cha = Zerind),

(Urziceni $h = 10$, $g = 503$, $f = 513$, Cha = Bucharest),

(Lugoj $h = 244$, $g = 229$, $f = 473$, Cha = Timisoara),

(Zerind $h = 374$, $g = 75$, $f = 449$, Cha = Arad),

(Timisoara $h = 329$, $g = 118$, $f = 447$, Cha = Arad),

(Bucharest $h = 20$, $g = 418$, $f = 438$, Cha = Pitesti),

(Pitesti $h = 100$, $g = 317$, $f = 417$, Cha = R.Vilcea),

(Fagaras $h = 176$, $g = 239$, $f = 415$, Cha= Sibiu),

(R.Vilcea $h = 193$, $g = 220$, $f = 413$, Cha = Sibiu),

(Sibiu $h = 253$, $g = 140$, $f = 393$, Cha = Arad),

(Arad $h = 0$, $g = 0$, $f = 0$)}

Trong open Craiova có giá trị f nhỏ nhất

Tmax = Craiova

- open = {(Hirsova $h = 0$, $g = 601$, $f = 601$, Cha = Urziceni),

(Vaslui $h = 199$, $g = 645$, $f = 844$, Cha = Urziceni),

(Mehadia $h = 241$, $g = 299$, $f = 540$, Cha = Lugoj),

(Giurgiu $h = 77$, $g = 508$, $f = 585$, Cha = Bucharest),}

- close= {(Craiova $h = 160$, $g = 366$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea),

(Oradea $h = 380$, $g = 146$, $f = 526$, Cha = Zerind),

(Urziceni $h = 10$, $g = 503$, $f = 513$, Cha = Bucharest),

(Lugoj $h = 244$, $g = 229$, $f = 473$, Cha = Timisoara),

(Zerind $h = 374$, $g = 75$, $f = 449$, Cha = Arad),
 (Timisoara $h = 329$, $g = 118$, $f = 447$, Cha = Arad),
 (Bucharest $h = 20$, $g = 418$, $f = 438$, Cha = Pitesti),
 (Pitesti $h = 100$, $g = 317$, $f = 417$, Cha = R.Vilcea),
 (Fagaras $h = 176$, $g = 239$, $f = 415$, Cha = Sibiu),
 (R.Vilcea $h = 193$, $g = 220$, $f = 413$, Cha = Sibiu),
 (Sibiu $h = 253$, $g = 140$, $f = 393$, Cha = Arad),
 (Arad $h = 0$, $g = 0$, $f = 0$)

Từ Craiova đến được Drobeta, R.Vilcea, Pitesti

$h(\text{Drobeta}) = 242$

$g(\text{Drobeta}) = g(\text{Craiova}) + \text{cost}(\text{Craiova}, \text{Drobeta}) = 486$

$f(\text{Drobeta}) = 728$

$h(\text{R.Vilcea}) = 193$

$g(\text{R.Vilcea}) = g(\text{Craiova}) + \text{cost}(\text{Craiova}, \text{R.Vilcea}) = 512$

$f(\text{R.Vilcea}) = 705$

$h(\text{Pitesti}) = 100$

$g(\text{Pitesti}) = g(\text{Craiova}) + \text{cost}(\text{Craiova}, \text{Pitesti}) = 504$

$f(\text{Pitesti}) = 604$

Do R.Vilcea và Pitesti đều có trong tập close mà giá trị $g(\text{R.Vilcea})$ mới có giá trị 512 lớn hơn $g(\text{R.Vilcea})$ trong tập close và $g(\text{Pitesti})$ mới có giá trị 504 lớn hơn $g(\text{Pitesti})$ trong tập close nên không cập nhật g và f của cả 2. Drobeta không có trong open nên thêm vào open

- open = {(Drobeta $h = 242$, $g = 486$, $f = 728$, Cha = Craiova),

(Hirsova $h = 0$, $g = 601$, $f = 601$, Cha = Urziceni),

(Vaslui $h = 199$, $g = 645$, $f = 844$, Cha = Urziceni),

(Mehadia $h = 241$, $g = 299$, $f = 540$, Cha = Lugoj),

(Giurgiu $h = 77$, $g = 508$, $f = 585$, Cha = Bucharest),}

- close = {(Craiova $h = 160$, $g = 366$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea),

(Oradea $h = 380$, $g = 146$, $f = 526$, Cha = Zerind),

(Urziceni $h = 10$, $g = 503$, $f = 513$, Cha = Bucharest),

(Lugoj $h = 244$, $g = 229$, $f = 473$, Cha = Timisoara),

(Zerind $h = 374$, $g = 75$, $f = 449$, Cha = Arad),

(Timisoara $h = 329$, $g = 118$, $f = 447$, Cha = Arad),

(Bucharest $h = 20$, $g = 418$, $f = 438$, Cha = Pitesti),
 (Pitesti $h = 100$, $g = 317$, $f = 417$, Cha = R.Vilcea),
 (Fagaras $h = 176$, $g = 239$, $f = 415$, Cha= Sibiu),
 (R.Vilcea $h = 193$, $g = 220$, $f = 413$, Cha = Sibiu),
 (Sibiu $h = 253$, $g = 140$, $f = 393$, Cha = Arad),
 (Arad $h = 0$, $g = 0$, $f = 0$)}

Trong open Mehadia có giá trị f nhỏ nhất

$T_{max} = \text{Mehadia}$

- open = {(Drobeta $h = 242$, $g = 486$, $f = 728$, Cha = Craiova),
 (Hirsova $h = 0$, $g = 601$, $f = 601$, Cha = Urziceni),
 (Vaslui $h = 199$, $g = 645$, $f = 844$, Cha = Urziceni),
 (Giurgiu $h = 77$, $g = 508$, $f = 585$, Cha = Bucharest),}
 - close= {(Mehadia $h = 241$, $g = 299$, $f = 540$, Cha = Lugoj),
 (Craiova $h = 160$, $g = 366$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea),
 (Oradea $h = 380$, $g = 146$, $f = 526$, Cha = Zerind),
 (Urziceni $h = 10$, $g = 503$, $f = 513$, Cha = Bucharest),
 (Lugoj $h = 244$, $g = 229$, $f = 473$, Cha = Timisoara),
 (Zerind $h = 374$, $g = 75$, $f = 449$, Cha = Arad),
 (Timisoara $h = 329$, $g = 118$, $f = 447$, Cha = Arad),
 (Bucharest $h = 20$, $g = 418$, $f = 438$, Cha = Pitesti),
 (Pitesti $h = 100$, $g = 317$, $f = 417$, Cha = R.Vilcea),
 (Fagaras $h = 176$, $g = 239$, $f = 415$, Cha= Sibiu),
 (R.Vilcea $h = 193$, $g = 220$, $f = 413$, Cha = Sibiu),
 (Sibiu $h = 253$, $g = 140$, $f = 393$, Cha = Arad),
 (Arad $h = 0$, $g = 0$, $f = 0$)}

Từ Mehadia đến được Lugoj, Drobeta

$h(\text{Lugoj}) = 244$

$g(\text{Lugoj}) = g(\text{Mehadia}) + \text{cost}(\text{Mehadia}, \text{Lugoj}) = 369$

$f(\text{Lugoj}) = 613$

$h(\text{Drobeta}) = 242$

$g(\text{Drobeta}) = g(\text{Mehadia}) + \text{cost}(\text{Mehadia}, \text{Drobeta}) = 374$

$f(\text{Drobeta}) = 616$

Do Lugoj đã có trong close và g(Lugoj) mới có giá trị 369 lớn hơn g(Lugoj) trong close nên không cập nhật g và f trong close, Drobeta đã có trong open và g(Drobeta) mới có giá trị 374 bé hơn g(Drobeta) trong open nên cập nhật g và f của Drobeta trong open

- open = {(Drobeta h = 242, g = 374, f = 616, Cha = Mehadia),
(Hirsova h = 0, g = 601, f = 601, Cha = Urziceni),
(Vaslui h = 199, g = 645, f = 844, Cha = Urziceni),
(Giurgiu h = 77, g = 508, f = 585, Cha = Bucharest),}
- close= {(Mehadia h = 241, g = 299, f = 540, Cha = Lugoj),
(Craiova h = 160, g = 366, f = 526, Cha = R.Vilcea),
(Oradea h = 380, g = 146, f = 526, Cha = Zerind),
(Urziceni h = 10, g = 503, f = 513, Cha = Bucharest),
(Lugoj h = 244, g = 229, f = 473, Cha = Timisoara),
(Zerind h = 374, g = 75, f = 449, Cha = Arad),
(Timisoara h = 329, g = 118, f = 447, Cha = Arad),
(Bucharest h = 20, g = 418, f = 438, Cha = Pitesti),
(Pitesti h = 100, g = 317, f = 417, Cha = R.Vilcea),
(Fagaras h = 176, g = 239, f = 415, Cha= Sibiu),
(R.Vilcea h = 193, g = 220, f = 413, Cha = Sibiu),
(Sibiu h = 253, g = 140, f = 393, Cha = Arad),
(Arad h = 0, g = 0, f = 0)}

Trong open Giurgiu có giá trị f nhỏ nhất

Tmax = Giurgiu

- open = {(Drobeta h = 242, g = 374, f = 616, Cha = Mehadia),
(Hirsova h = 0, g = 601, f = 601, Cha = Urziceni),
(Vaslui h = 199, g = 645, f = 844, Cha = Urziceni),}
- close= {(Giurgiu h = 77, g = 508, f = 585, Cha = Bucharest),
(Mehadia h = 241, g = 299, f = 540, Cha = Lugoj),
(Craiova h = 160, g = 366, f = 526, Cha = R.Vilcea),
(Oradea h = 380, g = 146, f = 526, Cha = Zerind),
(Urziceni h = 10, g = 503, f = 513, Cha = Bucharest),
(Lugoj h = 244, g = 229, f = 473, Cha = Timisoara),
(Zerind h = 374, g = 75, f = 449, Cha = Arad),

(Timisoara $h = 329$, $g = 118$, $f = 447$, Cha = Arad),
 (Bucharest $h = 20$, $g = 418$, $f = 438$, Cha = Pitesti),
 (Pitesti $h = 100$, $g = 317$, $f = 417$, Cha = R.Vilcea),
 (Fagaras $h = 176$, $g = 239$, $f = 415$, Cha= Sibiu),
 (R.Vilcea $h = 193$, $g = 220$, $f = 413$, Cha = Sibiu),
 (Sibiu $h = 253$, $g = 140$, $f = 393$, Cha = Arad),
 (Arad $h = 0$, $g = 0$, $f = 0$)}

Từ Giurgiu đến được Bucharest

$h(\text{Bucharest}) = 20$

$g(\text{Bucharest}) = g(\text{Giurgiu}) + \text{cost}(\text{Giurgiu}, \text{Bucharest}) = 598$

$f(\text{Bucharest}) = 618$

Do Bucharest đã có trong close và $g(\text{Bucharest})$ mới có giá trị 598 lớn hơn $g(\text{Bucharest})$ trong close nên không cập nhật g và f trong close

- open = {(Drobeta $h = 242$, $g = 374$, $f = 616$, Cha = Mehadia),
 (Hirsova $h = 0$, $g = 601$, $f = 601$, Cha = Urziceni),
 (Vaslui $h = 199$, $g = 645$, $f = 844$, Cha = Urziceni),}
 - close= {(Giurgiu $h = 77$, $g = 508$, $f = 585$, Cha = Bucharest),
 (Mehadia $h = 241$, $g = 299$, $f = 540$, Cha = Lugoj),
 (Craiova $h = 160$, $g = 366$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea),
 (Oradea $h = 380$, $g = 146$, $f = 526$, Cha = Zerind),
 (Urziceni $h = 10$, $g = 503$, $f = 513$, Cha = Bucharest),
 (Lugoj $h = 244$, $g = 229$, $f = 473$, Cha = Timisoara),
 (Zerind $h = 374$, $g = 75$, $f = 449$, Cha = Arad),
 (Timisoara $h = 329$, $g = 118$, $f = 447$, Cha = Arad),
 (Bucharest $h = 20$, $g = 418$, $f = 438$, Cha = Pitesti),
 (Pitesti $h = 100$, $g = 317$, $f = 417$, Cha = R.Vilcea),
 (Fagaras $h = 176$, $g = 239$, $f = 415$, Cha= Sibiu),
 (R.Vilcea $h = 193$, $g = 220$, $f = 413$, Cha = Sibiu),
 (Sibiu $h = 253$, $g = 140$, $f = 393$, Cha = Arad),
 (Arad $h = 0$, $g = 0$, $f = 0$)}

Trong open Hirsova có giá trị f nhỏ nhất

$T_{\max} = \text{Hirsova}$

Vì Tmax là trạng thái đích nên thoát và thông báo lời giải là Tmax

-Các thuật toán ở file code sau khi được chỉnh sửa đã chạy và trả về kết quả đúng như yêu cầu

```
D:\Documents\AI\NMTTNT_Tuan3>python -u "d:\Documents\AI\NMTTNT_Tuan3\code_Tuan3.py"
1 Arad
2 Bucharest
3 Craiova
4 Drobeta
5 Eforie
6 Fagaras
7 Giurgiu
8 Hirsova
9 Iasi
10 Lugoj
11 Mehadia
12 Neamt
13 Oradea
14 Pitesti
15 Rimnicu_Vilcea
16 Sibiu
17 Timisoara
18 Urziceni
19 Vaslui
20 Zerind
Nhập đỉnh bắt đầu: 1
Nhập đỉnh kết thúc: 8
current = ['Arad', 0]
['Arad']
current = ['Sibiu', '140']
['Arad', 'Sibiu']
current = ['Rimnicu_Vilcea', '80']
['Arad', 'Sibiu', 'Rimnicu_Vilcea']
current = ['Pitesti', '97']
['Arad', 'Sibiu', 'Rimnicu_Vilcea', 'Pitesti']
current = ['Bucharest', '101']
['Arad', 'Sibiu', 'Rimnicu_Vilcea', 'Pitesti', 'Bucharest']
current = ['Urziceni', '85']
['Arad', 'Sibiu', 'Rimnicu_Vilcea', 'Pitesti', 'Bucharest', 'Urziceni']
current = ['Hirsova', '98']
GBFS => ['Arad', 'Sibiu', 'Fagaras', 'Bucharest', 'Urziceni', 'Hirsova']
ASTAR -> ['Arad', 'Sibiu', 'Rimnicu_Vilcea', 'Pitesti', 'Bucharest', 'Urziceni', 'Hirsova']
█
```

* Nhận xét:

- Thuật toán GBFS chạy tay và code giống nhau và đều trả về kết quả đúng.
- Tuy nhiên ở thuật toán A* ta thấy sự khác biệt giữa chạy tay và code là trong vòng lặp ở code có sự **định nghĩa lại hàng đợi ưu tiên**, do đó khi chọn đường đi ta sẽ không quay lại xét các node trước đó không được chọn.
- + Như ta thấy current được chọn ở thuật toán không hề quay lại xét một vài node như ở các bước làm tay (Fagaras, Timisoara, ...), không phải xét nhiều node thừa như thuật toán A* ở các bước làm tay.