

Tên: Phan Hồng Trâm

MSSV: 21110414

Báo cáo

Thực hành Nhập môn Trí tuệ nhân tạo tuần 3

Viết báo cáo trình bày:

- ❖ Nếu chương trình bị báo lỗi thì lỗi ở dòng nào và sửa lại như thế nào? (Nếu có).

- **Lỗi 1:** dòng 11

```
8 # getting heuristics from file
9 def getHeuristics():
10     heuristics = {}
11     f = open("heuristics1.txt")

Exception has occurred: FileNotFoundError ×
[Errno 2] No such file or directory: 'heuristics1.txt'

File "C:\Users\PC\Downloads\code_Tuan3.py", line 11, in getHeuristics
    f = open("heuristics1.txt")
    ~~~~~
File "C:\Users\PC\Downloads\code_Tuan3.py", line 152, in <module>
    heuristic = getHeuristics()
    ~~~~~
FileNotFoundError: [Errno 2] No such file or directory: 'heuristics1.txt'
```

→ Sửa tên file thành heuristic.txt

- **Lỗi 2:** Dòng 22

```
18 # Lấy vị trí của các thành phố từ file
19 def getCity():
20     city = {}
21     citiesCode = {}
22     f = open("cities1.txt")

Exception has occurred: FileNotFoundError ×
[Errno 2] No such file or directory: 'cities1.txt'

File "C:\Users\PC\Downloads\code_Tuan3.py", line 22, in getCity
    f = open("cities1.txt")
    ~~~~~
File "C:\Users\PC\Downloads\code_Tuan3.py", line 154, in <module>
    city, citiesCode = getCity()
    ~~~~~
FileNotFoundError: [Errno 2] No such file or directory: 'cities1.txt'
```

→ Sửa tên file thành cities.txt

- **Lỗi 3:** dòng 169

```

168
169 gbfs = GBFS(Dstartcity, heuristic, graph, endcity)

Exception has occurred: NameError ×
name 'startcity' is not defined
File "C:\Users\PC\Downloads\code_Tuan3.py", line 169, in <module>
    gbfs = GBFS(startcity, heuristic, graph, endcity)
                ^^^^^^^^^
NameError: name 'startcity' is not defined

```

→ Đổi tên biến từ startcity thành startCity

- **Lỗi 4:** Trong file .txt, sửa tên thành phố từ “Dobreta” thành “Drobeta” do cô nhập sai tên.

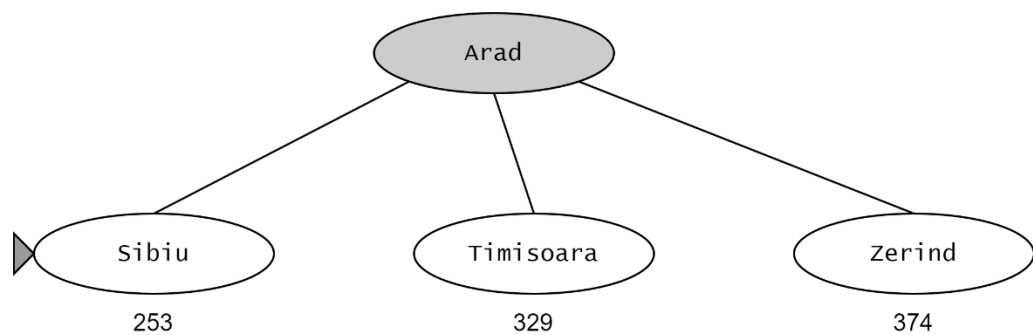
❖ *Chạy tay thuật toán GBFS và tiếp tục phần chạy tay chưa xong của thuật toán A*.*

- **Chạy tay thuật toán GBFS:**

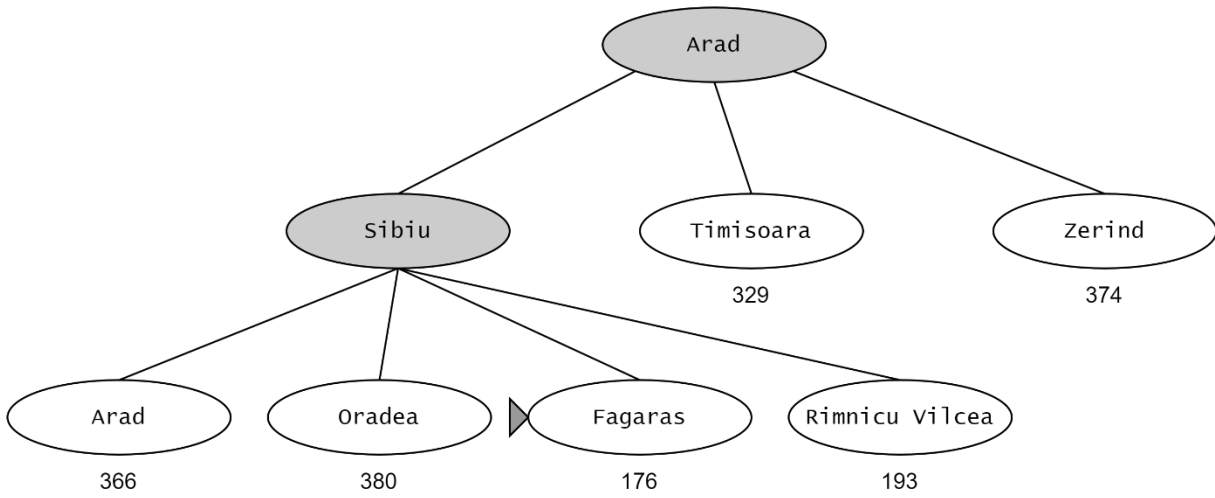
- a. Trạng thái ban đầu



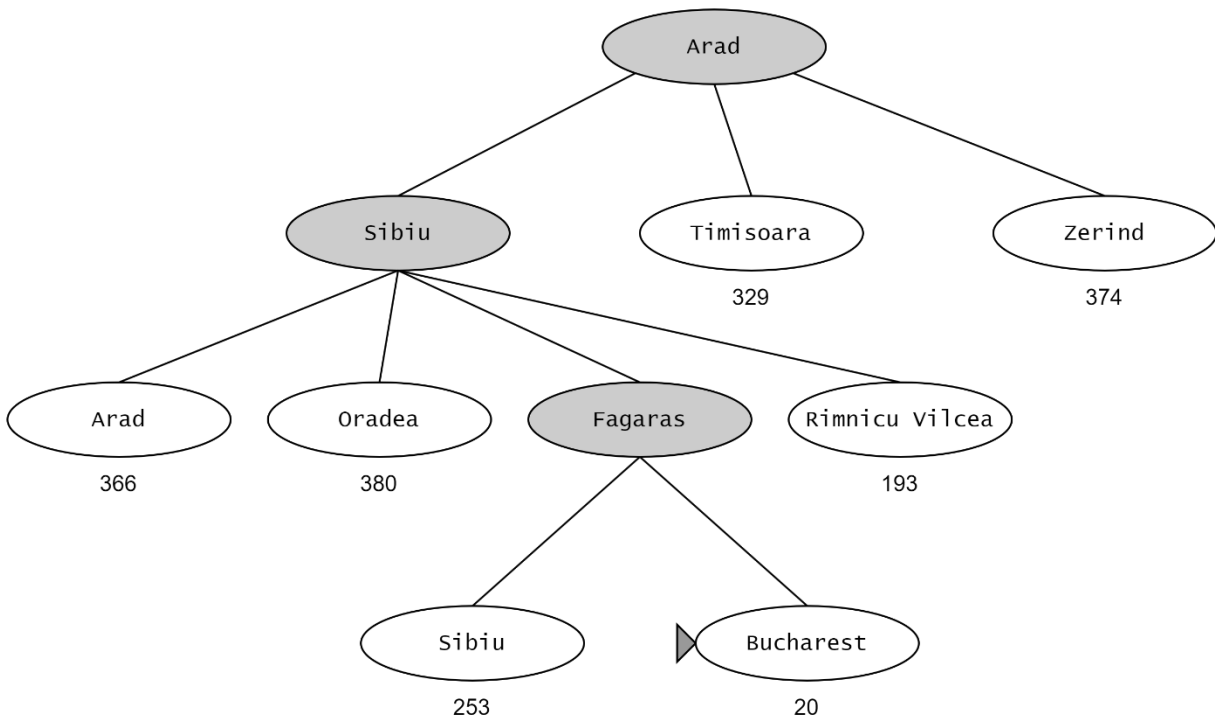
- b. Sau khi mở rộng nút Arad



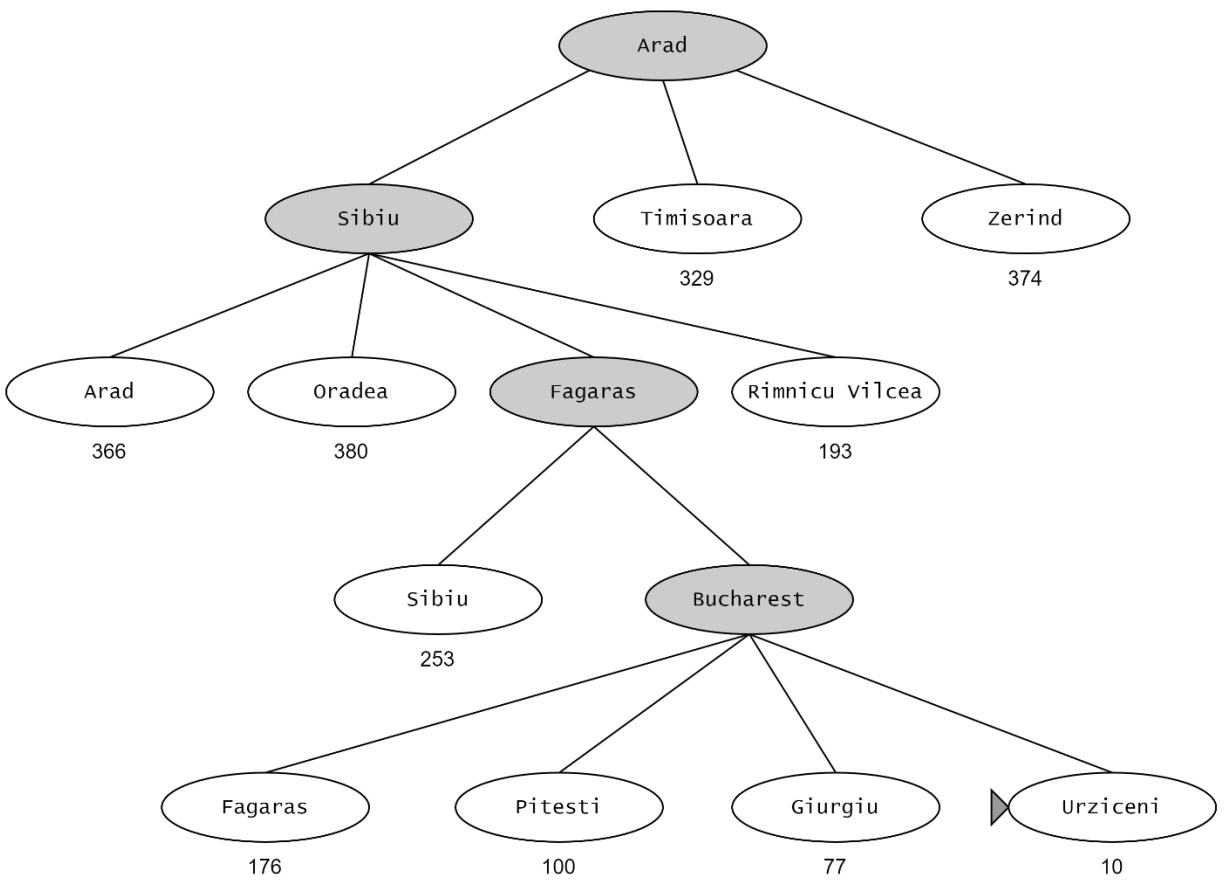
- c. Sau khi mở rộng nút Sibiu



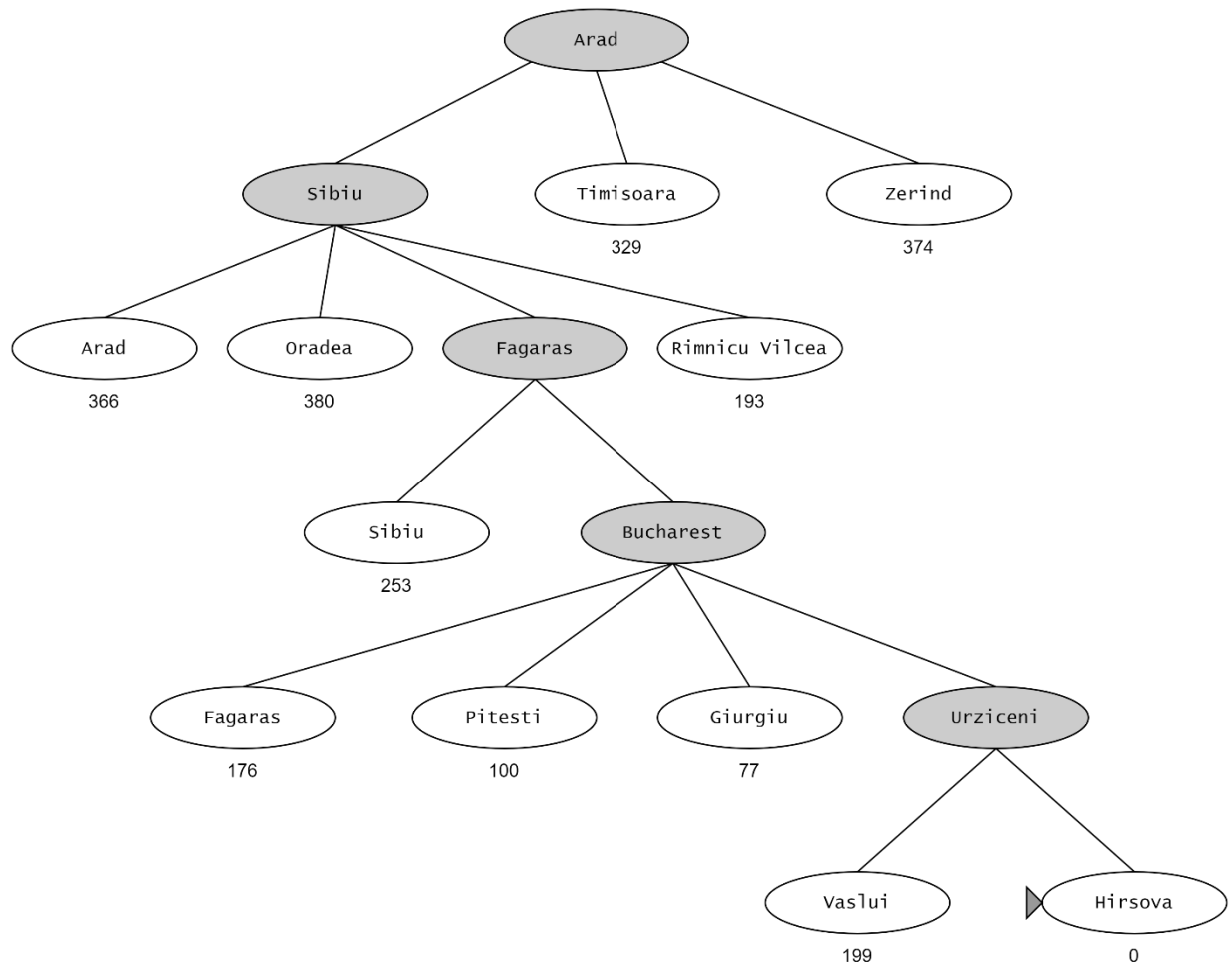
- d. Sau khi mở rộng nút Fagaras



- e. Sau khi mở rộng nút Bucharest



- f. Sau khi mở rộng nút Urziceni



➤ Vậy đường đi ngắn nhất từ Arad đến Hirsova bằng thuật toán GBFS là:

Arad → Sibiu → Fagaras → Bucharest → Urziceni → Hirsova.

○ Chạy tay thuật toán A*

- Ban đầu:
 $OPEN = \{ (Arad, g = 0, h = 0, f = 0) \}$
 $CLOSE = \{ \}$
- Do OPEN chỉ chứa có 1 thành phố nên thành phố này sẽ là tốt nhất. Nghĩa là ta chọn $T_{max} = Arad$.
 - Lấy Arad ra khỏi OPEN và đưa vào CLOSE.
 $CLOSE = \{ (Arad, g = 0, h = 0, f = 0) \}; OPEN = \{ \}$

- Từ Arad có thể đi được đến 3 thành phố Sibiu, Timisoara và Zerind. Ta lần lượt tính f, g và h của 3 thành phố này. Do cả 3 nút mới tạo ra này chưa có nút cha nên ban đầu nút cha của chúng đều là Arad.

✓ $h(\text{Sibiu}) = 253$

$g(\text{Sibiu}) = g(\text{Arad}) + \text{cost}(\text{Arad}, \text{Sibiu}) = 0 + 140 = 140$

$f(\text{Sibiu}) = g(\text{Sibiu}) + h(\text{Sibiu}) = 140 + 253 = 393$

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

✓ $h(\text{Timisoara}) = 329$

$g(\text{Timisoara}) = g(\text{Arad}) + \text{cost}(\text{Arad}, \text{Timisoara}) = 0 + 118 = 118$

$f(\text{Timisoara}) = g(\text{Timisoara}) + h(\text{Timisoara}) = 447$

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

✓ $h(\text{Zerind}) = 374$

$g(\text{Zerind}) = g(\text{Arad}) + \text{cost}(\text{Arad}, \text{Zerind}) = 0 + 75 = 75$

$f(\text{Zerind}) = g(\text{Zerind}) + h(\text{Zerind}) = 75 + 374 = 449$

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

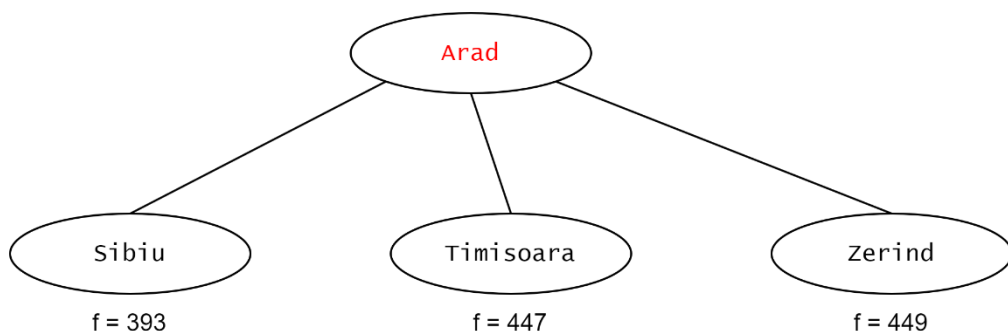
- Do Sibiu, Timisoara và Zerind đều không có trong cả OPEN và CLOSE nên ta **thêm 3 nút này vào OPEN**.

OPEN = { (Sibiu, g = 140, h = 253, f = 393, cha = Arad),

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

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

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



Lưu ý: Tên thành phố có màu đỏ là nút trong CLOSE, ngược lại là nút trong OPEN.

- Trong tập OPEN, Sibiu có f nhỏ nhất nên ta chọn $T_{\max} = \text{Sibiu}$.
 - Ta lấy Sibiu ra khỏi OPEN và đưa vào CLOSE.

OPEN = { (Timisoara, g = 118, h = 329, f = 447, cha = Arad),
(Zerind, g = 75, h = 374, f = 449, cha = Arad) }

CLOSE = { (Arad, g = 0, h = 0, f = 0),
(Sibiu, g = 140, h = 253, f = 393, cha = Arad) }

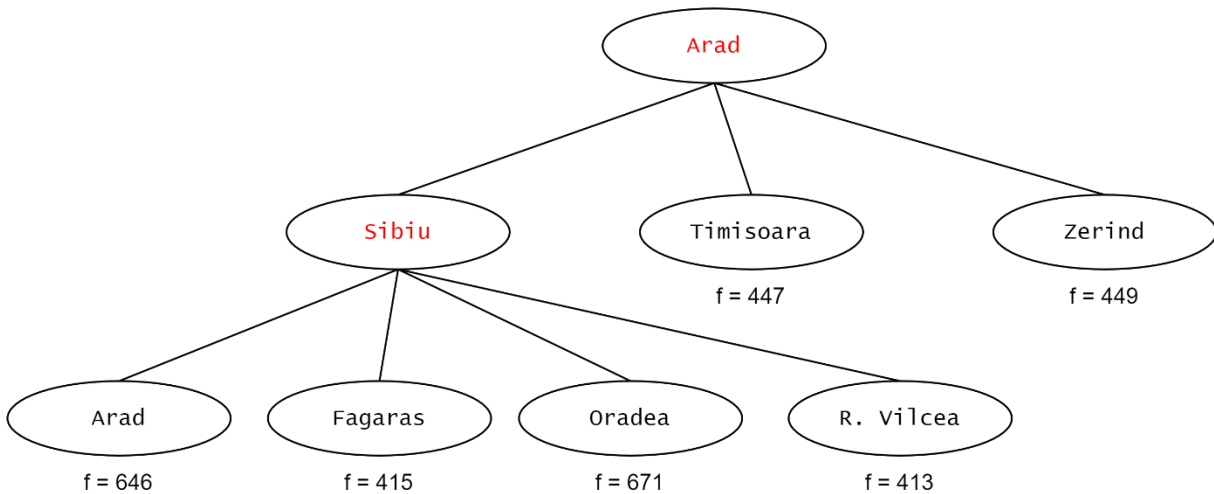
- Từ Sibiu có thể đi được đến Arad, Fagaras, Oradea, R. Vilcea. Ta lần lượt tính h, g và f của các nút này.

- ✓ $h(\text{Arad}) = 366$
 $g(\text{Arad}) = g(\text{Sibiu}) + \text{cost}(\text{Sibiu}, \text{Arad}) = 140 + 140 = 280$
 $f(\text{Arad}) = g(\text{Arad}) + h(\text{Arad}) = 280 + 366 = 646$
- ✓ $h(\text{Fagaras}) = 176$
 $g(\text{Fagaras}) = g(\text{Sibiu}) + \text{cost}(\text{Sibiu}, \text{Fagaras}) = 140 + 99 = 239$
 $f(\text{Fagaras}) = g(\text{Fagaras}) + h(\text{Fagaras}) = 239 + 176 = 415$
- ✓ $h(\text{Oradea}) = 380$
 $g(\text{Oradea}) = g(\text{Sibiu}) + \text{cost}(\text{Sibiu}, \text{Oradea}) = 140 + 151 = 291$
 $f(\text{Oradea}) = g(\text{Oradea}) + h(\text{Oradea}) = 291 + 380 = 671$
- ✓ $h(\text{R. Vilcea}) = 193$
 $g(\text{R. Vilcea}) = g(\text{Sibiu}) + \text{cost}(\text{Sibiu}, \text{R. Vilcea}) = 140 + 80 = 220$
 $f(\text{R. Vilcea}) = g(\text{R. Vilcea}) + h(\text{R. Vilcea}) = 220 + 193 = 413$

- Nút Arad đã có trong CLOSE và g(Arad) mới được tạo ra có giá trị là 280 lớn hơn g(Arad) lưu trong CLOSE có giá trị là 0 nên ta sẽ **không cập nhật** giá trị g và f của Arad lưu trong CLOSE.
- 3 nút Fagaras, Oradea và R. Vilcea đều không có trong OPEN và CLOSE nên ta sẽ **thêm 3 nút này vào OPEN**, đặt cha của chúng là Sibiu.

OPEN = { (Timisoara, g = 118, h = 329, f = 447, cha = Arad),
(Zerind, g = 75, h = 374, f = 449, Cha = Arad),
(Fagaras, g = 239, h = 176, f = 415, Cha = Sibiu),
(Oradea, g = 291, h = 380, f = 617, Cha = Sibiu),
(R.Vilcea, g = 220, h = 193, f = 413, Cha = Sibiu) }

CLOSE = { (Arad, g = 0, h = 0, f = 0),
 (Sibiu, g = 140, h = 253, f = 393, cha = Arad) }



- Trong tập OPEN, R. Vilcea là nút có giá trị f nhỏ nhất nên ta chọn $T_{\max} = R.$ Vilcea.
 - Chuyển R. Vilcea từ tập OPEN sang tập CLOSE.

OPEN = { (Timisoara, g = 118, h = 329, f = 447, cha = Arad),
 (Zerind, g = 75, h = 374, f = 449, Cha = Arad),
 (Fagaras, g = 239, h = 176, f = 415, Cha = Sibiu),
 (Oradea, g = 291, h = 380, f = 617, Cha = Sibiu) }

CLOSE = { (Arad, g = 0, h = 0, f = 0),
 (Sibiu, g = 140, h = 253, f = 393, cha = Arad),
 (R.Vilcea, g = 220, h = 193, f = 413, Cha = Sibiu) }

- Từ R. Vilcea có thể đi được tới 3 thành phố là Craiova, Pitesti và Sibiu. Ta lần lượt tính các giá trị h, g và f của 3 thành phố này.

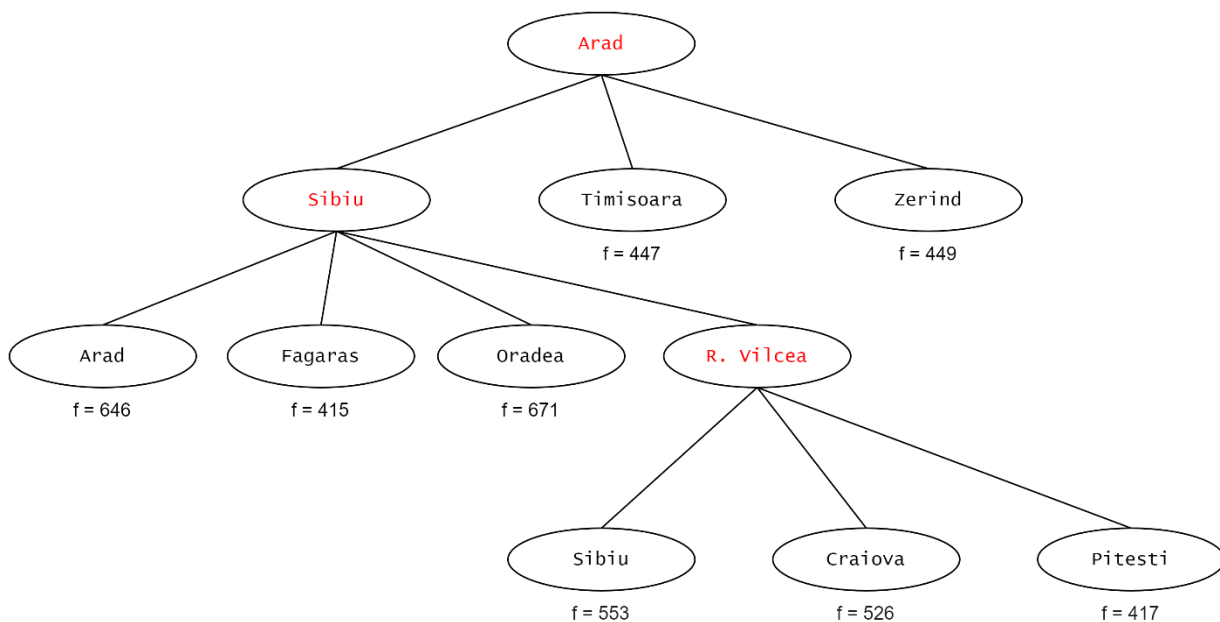
- ✓ $h(\text{Sibiu}) = 253$
 $g(\text{Sibiu}) = g(\text{R.Vilcea}) + \text{cost}(\text{R.Vilcea}, \text{Sibiu}) = 220 + 80 = 300$
 $f(\text{Sibiu}) = g(\text{Sibiu}) + h(\text{Sibiu}) = 300 + 253 = 553$
- ✓ $h(\text{Craiova}) = 160$
 $g(\text{Craiova}) = g(\text{R.Vilcea}) + \text{cost}(\text{R.Vilcea}, \text{Craiova}) = 220 + 146 = 366$
 $f(\text{Craiova}) = g(\text{Craiova}) + h(\text{Craiova}) = 366 + 160 = 526$

✓ $h(\text{Pitesti}) = 100$
 $g(\text{Pitesti}) = g(\text{R.Vilcea}) + \text{cost}(\text{R.Vilcea}, \text{Pitesti}) = 220 + 97 = 317$
 $f(\text{Pitesti}) = g(\text{Pitesti}) + h(\text{Pitesti}) = 317 + 100 = 417$

- Do Sibiu đã có trong CLOSE và $g(\text{Sibiu})$ mới có giá trị là 553 lớn hơn $g(\text{Sibiu})$ trong CLOSE có giá trị là 393 nên ta **không cập nhật** lại các giá trị Sibiu được lưu trong CLOSE.
- Craiova và Pitesti đều không có trong OPEN lẫn CLOSE nên ta sẽ **đưa chúng vào OPEN** và đặt cha của chúng là R. Vilcea.

OPEN = { (Timisoara, $g = 118$, $h = 329$, $f = 447$, cha = Arad),
 (Zerind, $g = 75$, $h = 374$, $f = 449$, Cha = Arad),
 (Fagaras, $g = 239$, $h = 176$, $f = 415$, Cha = Sibiu),
 (Oradea, $g = 291$, $h = 380$, $f = 617$, Cha = Sibiu),
 (Craiova, $g = 366$, $h = 160$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea),
 (Pitesti, $g = 317$, $h = 100$, $f = 417$, Cha = R.Vilcea) }

CLOSE = { (Arad, $g = 0$, $h = 0$, $f = 0$),
 (Sibiu, $g = 140$, $h = 253$, $f = 393$, cha = Arad),
 (R.Vilcea, $g = 220$, $h = 193$, $f = 413$, Cha = Sibiu) }



- Từ tập OPEN, nút Fagaras có giá trị f nhỏ nhất nên $T_{\max} = \text{Fagaras}$.
 - Lấy Fagaras ra khỏi tập OPEN và đưa vào CLOSE

OPEN = { (Timisoara, $g = 118$, $h = 329$, $f = 447$, cha = Arad),
 (Zerind, $g = 75$, $h = 374$, $f = 449$, Cha = Arad),
 (Oradea, $g = 291$, $h = 380$, $f = 617$, Cha = Sibiu),
 (Craiova, $g = 366$, $h = 160$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea),
 (Pitesti, $g = 317$, $h = 100$, $f = 417$, Cha = R.Vilcea) }

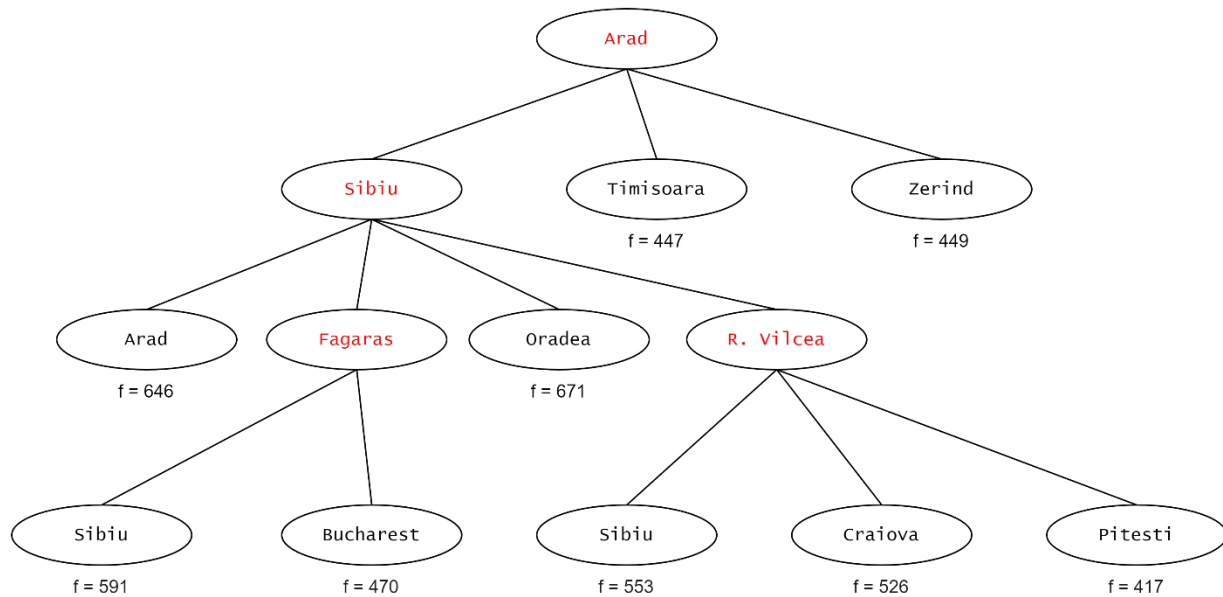
CLOSE = { (Arad, $g = 0$, $h = 0$, $f = 0$),
 (Sibiu, $g = 140$, $h = 253$, $f = 393$, cha = Arad),
 (R.Vilcea, $g = 220$, $h = 193$, $f = 413$, Cha = Sibiu),
 (Fagaras, $g = 239$, $h = 176$, $f = 415$, Cha = Sibiu) }

- Từ Fagaras ta có thể đi được tới Sibiu và Bucharest. Ta cũng tính các giá trị h , g và f của 2 thành phố này.
 - ✓ $h(\text{Sibiu}) = 253$
 $g(\text{Sibiu}) = g(\text{Fagaras}) + \text{cost}(\text{Fagaras}, \text{Sibiu}) = 239 + 99 = 338$
 $f(\text{Sibiu}) = g(\text{Sibiu}) + h(\text{Sibiu}) = 338 + 253 = 591$
 - ✓ $h(\text{Bucharest}) = 20$
 $g(\text{Bucharest}) = g(\text{Fagaras}) + \text{cost}(\text{Fagaras}, \text{Bucharest}) = 239 + 211 = 450$
 $f(\text{Bucharest}) = g(\text{Bucharest}) + h(\text{Bucharest}) = 450 + 20 = 470$
- Sibiu đã có trong tập CLOSE nhưng do $g(\text{Sibiu})$ mới tạo có giá trị là 338 lớn hơn $g(\text{Sibiu})$ trong CLOSE có giá trị là 140 nên ta sẽ **không cập nhật** lại giá trị g và h của Sibiu.
- Bucharest không có trong tập OPEN lẫn CLOSE nên ta sẽ **thêm nút này vào OPEN**.

OPEN = { (Timisoara, $g = 118$, $h = 329$, $f = 447$, cha = Arad),
 (Zerind, $g = 75$, $h = 374$, $f = 449$, Cha = Arad),
 (Oradea, $g = 291$, $h = 380$, $f = 617$, Cha = Sibiu),
 (Craiova, $g = 366$, $h = 160$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea),
 (Pitesti, $g = 317$, $h = 100$, $f = 417$, Cha = R.Vilcea),
 (Bucharest, $g = 450$, $h = 20$, $f = 470$, Cha = Faragas) }

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

(Sibiu, $g = 140$, $h = 253$, $f = 393$, cha = Arad),
 (R.Vilcea, $g = 220$, $h = 193$, $f = 413$, Cha = Sibiu),
 (Fagaras, $g = 239$, $h = 176$, $f = 415$, Cha = Sibiu) }



- Từ tập OPEN, nút tốt nhất là Pitesti nên Tmax = Pitesti.
 - Lấy Pitesti ra khỏi tập OPEN và đưa vào tập CLOSE.

OPEN = { (Timisoara, $g = 118$, $h = 329$, $f = 447$, cha = Arad),
 (Zerind, $g = 75$, $h = 374$, $f = 449$, Cha = Arad),
 (Oradea, $g = 291$, $h = 380$, $f = 617$, Cha = Sibiu),
 (Craiova, $g = 366$, $h = 160$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea),
 (Bucharest, $g = 450$, $h = 20$, $f = 470$, Cha = Faragas) }

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

- Từ Pitesti ta có thể đi được đến R. Vilcea, Bucharest và Craiova. Tương tự ta cũng tính các giá trị h , g và f của các thành phố này.

- ✓ $h(R. Vilcea) = 193$
 $g(R. Vilcea) = g(Pitesti) + cost(Pitesti, R. Vilcea) = 317 + 97 = 414$
 $f(R. Vilcea) = g(R. Vilcea) + h(R. Vilcea) = 414 + 193 = 607$

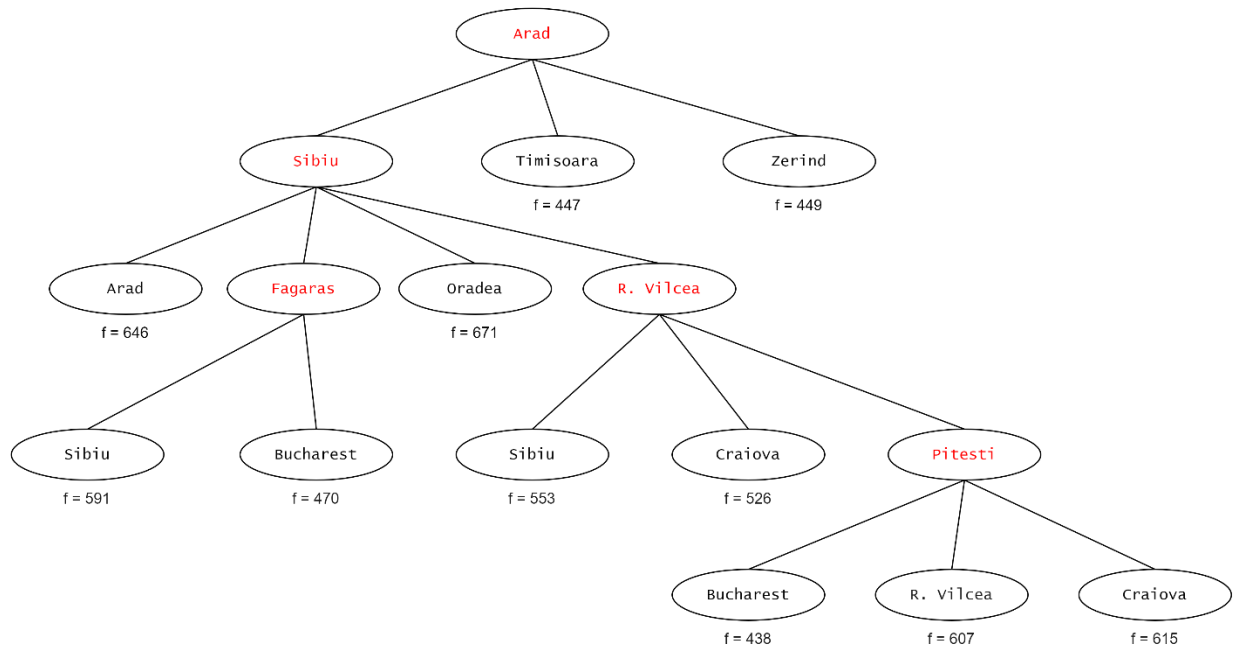
- ✓ $h(Bucharest) = 20$
 $g(Bucharest) = g(Pitesti) + cost(Pitesti, Bucharest) = 317 + 101 = 418$
 $f(Bucharest) = g(Bucharest) + h(Bucharest) = 418 + 20 = 438$

- ✓ $h(Craiova) = 160$
 $g(Craiova) = g(Pitesti) + cost(Pitesti, Craiova) = 317 + 138 = 455$
 $f(Craiova) = g(Craiova) + h(Craiova) = 455 + 160 = 615$

- Do R. Vilcea đã có trong CLOSE và $g(R. Vilcea)$ mới được tạo ra có giá trị là 417 lớn hơn $g(R. Vilcea)$ lưu trong CLOSE có giá trị là 220 nên ta sẽ **không cập nhật** giá trị g và f của R. Vilcea lưu trong CLOSE.
- Craiova đã có trong OPEN và $g(Craiova)$ mới được tạo ra có giá trị là 455 lớn hơn $g(Craiova)$ trong OPEN có giá trị là 366 nên ta **cũng không cập nhật** giá trị g và f của Craiova.
- Bucharest đã có trong OPEN và $g(Bucharest)$ mới tạo có giá trị là 418 nhỏ hơn $g(Bucharest)$ trong OPEN có giá trị là 450 nên ta sẽ **cập nhật** giá trị g và f của Bucharest.

OPEN = { (Timisoara, $g = 118$, $h = 329$, $f = 447$, cha = Arad),
 (Zerind, $g = 75$, $h = 374$, $f = 449$, Cha = Arad),
 (Oradea, $g = 291$, $h = 380$, $f = 617$, Cha = Sibiu),
 (Craiova, $g = 366$, $h = 160$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea),
 (Bucharest, $g = 418$, $h = 20$, $f = 438$, Cha = Pitesti) }

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



- Trong tập OPEN, Bucharest có giá trị f nhỏ nhất nên $T_{\max} = \text{Bucharest}$
 - Lấy Bucharest ra khỏi tập OPEN và đưa vào tập CLOSE.

OPEN = { (Timisoara, g = 118, h = 329, f = 447, cha = Arad),
 (Zerind, g = 75, h = 374, f = 449, Cha = Arad),
 (Oradea, g = 291, h = 380, f = 617, Cha = Sibiu),
 (Craiova, g = 366, h = 160, f = 526, Cha = R.Vilcea) }

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

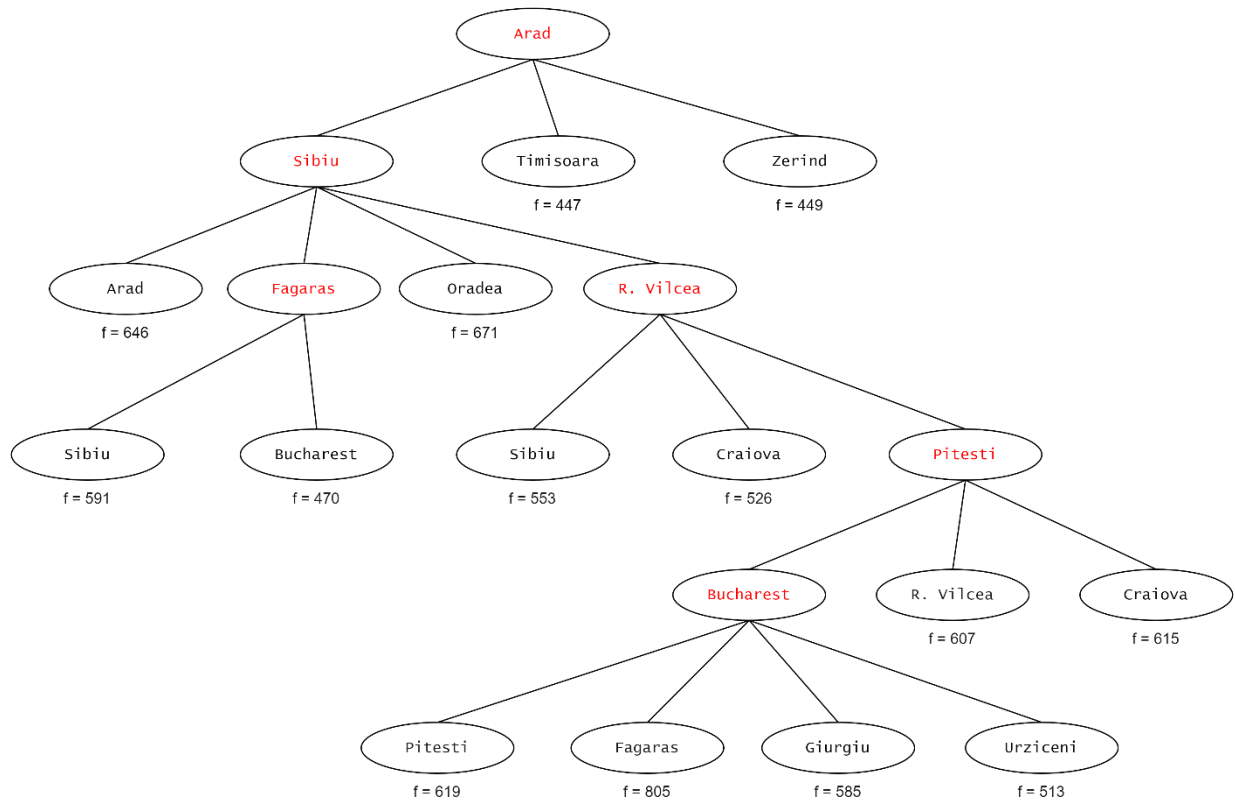
- Từ Bucharest ta có thể được tới 4 thành phố Pitesti, Fagaras, Giurgiu, và Urziceni. Tương tự, ta cũng tính giá trị h, g và f của các thành phố này.
 - ✓ $h(\text{Pitesti}) = 100$
 $g(\text{Pitesti}) = g(\text{Bucharest}) + \text{cost}(\text{Bucharest}, \text{Pitesti}) = 418 + 101 = 519$
 $f(\text{Pitesti}) = g(\text{Pitesti}) + h(\text{Pitesti}) = 519 + 100 = 619$

- ✓ $h(\text{Fagaras}) = 176$
 $g(\text{Fagaras}) = g(\text{Bucharest}) + \text{cost}(\text{Bucharest}, \text{Fagaras}) = 418 + 211 = 629$
 $f(\text{Fagaras}) = g(\text{Fagaras}) + h(\text{Fagaras}) = 629 + 176 = 805$
- ✓ $h(\text{Giurgiu}) = 77$
 $g(\text{Giurgiu}) = g(\text{Bucharest}) + \text{cost}(\text{Bucharest}, \text{Giurgiu}) = 418 + 90 = 508$
 $f(\text{Giurgiu}) = g(\text{Giurgiu}) + h(\text{Giurgiu}) = 508 + 77 = 585$
- ✓ $h(\text{Urziceni}) = 10$
 $g(\text{Urziceni}) = g(\text{Bucharest}) + \text{cost}(\text{Bucharest}, \text{Urziceni}) = 418 + 85 = 503$
 $f(\text{Urziceni}) = g(\text{Urziceni}) + h(\text{Urziceni}) = 503 + 10 = 513$

- Pitesti và Fagaras đã có trong tập CLOSE và $g(\text{Pitesti})$, $g(\text{Fagaras})$ mới được tạo ra có giá trị lớn hơn $g(\text{Pitesti})$, $g(\text{Fagaras})$ trong tập CLOSE nên ta sẽ **không cập nhật** giá trị g và f của chúng.
- Giurgiu và Urziceni không có trong tập OPEN lẫn CLOSE nên ta sẽ **thêm 2 nút này vào tập OPEN**.

OPEN = { (Timisoara, $g = 118$, $h = 329$, $f = 447$, cha = Arad),
 (Zerind, $g = 75$, $h = 374$, $f = 449$, Cha = Arad),
 (Oradea, $g = 291$, $h = 380$, $f = 617$, Cha = Sibiu),
 (Craiova, $g = 366$, $h = 160$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea),
 (Giurgiu, $g = 508$, $h = 77$, $f = 585$, Cha = Bucharest),
 (Urziceni, $g = 503$, $h = 10$, $f = 513$, Cha = Bucharest) }

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



- Trong tập OPEN, Timisoara có giá trị f nhỏ nhất nên $T_{\max} = \text{Timisoara}$
 - Lấy Timisoara ra khỏi tập OPEN và đưa vào tập CLOSE.

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

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

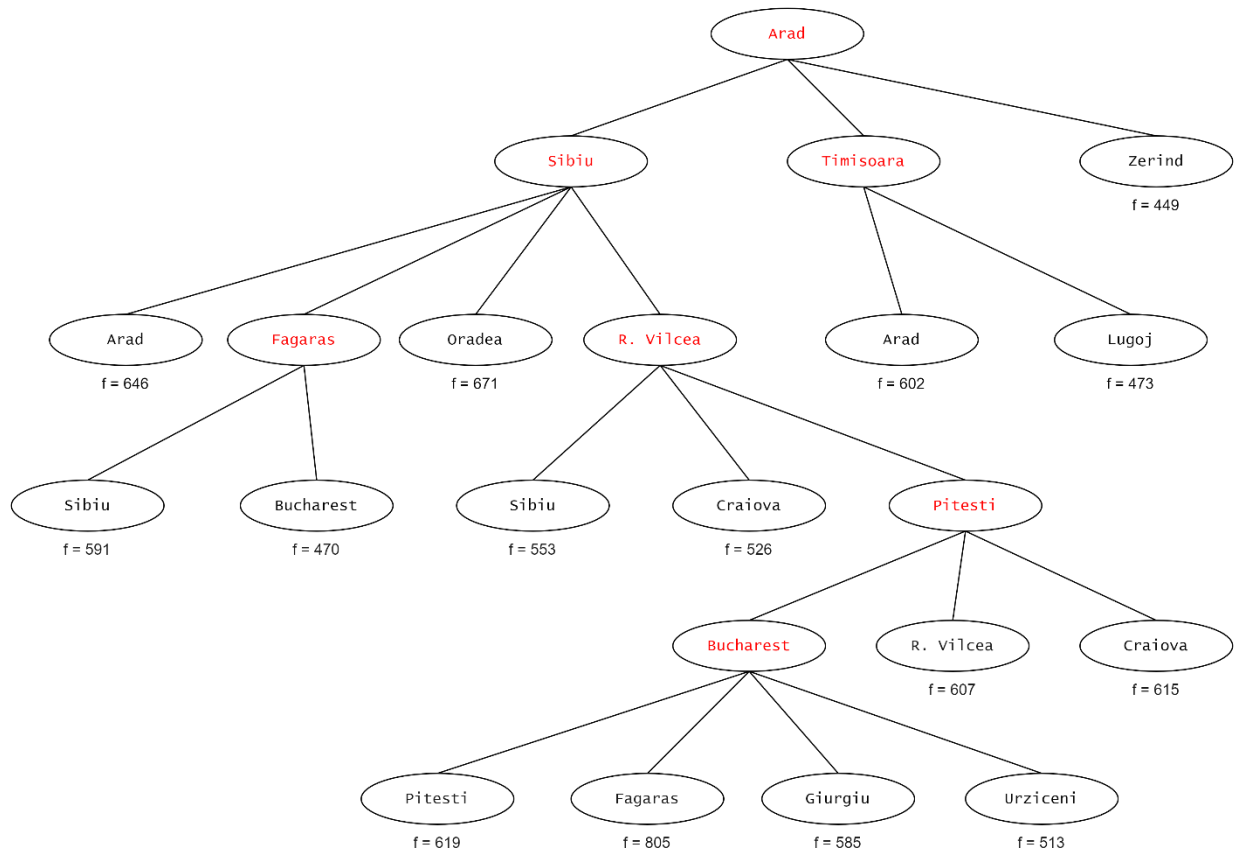
- Từ Timisoara ta có thể được tới 2 thành phố là Arad và Lugoj. Tương tự ta cũng tính các giá trị h, g và f của các thành phố này.

- ✓ $h(\text{Arad}) = 366$
 $g(\text{Arad}) = g(\text{Timisoara}) + \text{cost}(\text{Timisoara}, \text{Arad}) = 118 + 118 = 236$
 $f(\text{Arad}) = g(\text{Arad}) + h(\text{Arad}) = 236 + 366 = 602$
- ✓ $h(\text{Lugoj}) = 244$
 $g(\text{Lugoj}) = g(\text{Timisoara}) + \text{cost}(\text{Timisoara}, \text{Lugoj}) = 118 + 111 = 229$
 $f(\text{Lugoj}) = g(\text{Lugoj}) + h(\text{Lugoj}) = 229 + 244 = 473$

- Nút Arad đã có trong CLOSE và $g(\text{Arad})$ mới được tạo ra có giá trị là 236 lớn hơn $g(\text{Arad})$ lưu trong CLOSE có giá trị là 0 nên ta sẽ **không cập nhật** giá trị g và f của Arad lưu trong CLOSE.
- Lugoj không có trong tập OPEN lẫn CLOSE nên ta sẽ **thêm nút này vào tập OPEN**.

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

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



- Trong tập OPEN, Zerind có giá trị f nhỏ nhất nên $T_{\max} = \text{Zerind}$
 - Lấy Zerind ra khỏi tập OPEN và đưa vào tập CLOSE.

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

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

- Từ Zerind ta có thể được tới 2 thành phố là Arad và Oradea. Tương tự ta cũng tính các giá trị h , g và f của các thành phố này.

✓ $h(\text{Arad}) = 366$

$$g(\text{Arad}) = g(\text{Zerind}) + \text{cost}(\text{Zerind}, \text{Arad}) = 75 + 75 = 150$$

$$f(\text{Arad}) = g(\text{Arad}) + h(\text{Arad}) = 150 + 366 = 516$$

✓ $h(\text{Oradea}) = 380$

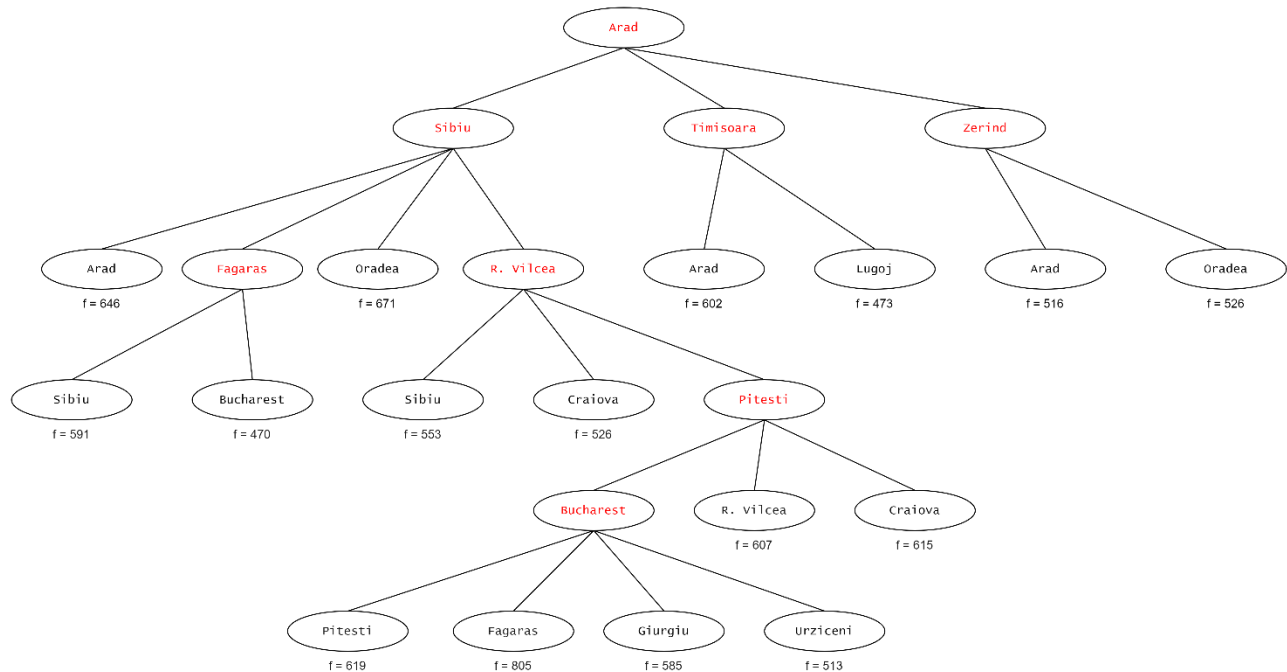
$$g(\text{Oradea}) = g(\text{Zerind}) + \text{cost}(\text{Zerind}, \text{Oradea}) = 75 + 71 = 146$$

$$f(\text{Oradea}) = g(\text{Oradea}) + h(\text{Oradea}) = 146 + 380 = 526$$

- Nút Arad đã có trong CLOSE và $g(\text{Arad})$ mới được tạo ra có giá trị là 150 lớn hơn $g(\text{Arad})$ lưu trong CLOSE có giá trị là 0 nên ta sẽ **không cập nhật** giá trị g và f của Arad lưu trong CLOSE.
- Oradea đã có trong OPEN và $g(\text{Oradea})$ mới tạo có giá trị là 146 nhỏ hơn $g(\text{Oradea})$ trong OPEN có giá trị là 291 nên ta sẽ **cập nhật** giá trị g và f của Oradea.

OPEN = { (Oradea, $g = 146$, $h = 380$, $f = 526$, Cha = Zerind),
 (Craiova, $g = 366$, $h = 160$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea),
 (Giurgiu, $g = 508$, $h = 77$, $f = 585$, Cha = Bucharest),
 (Urziceni, $g = 503$, $h = 10$, $f = 513$, Cha = Bucharest),
 (Lugoj, $g = 229$, $h = 244$, $f = 473$, Cha = Timisoara) }

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



- Trong tập OPEN, Lugoj có giá trị f nhỏ nhất nên $T_{\max} = \text{Lugoj}$
 - Lấy Lugoj ra khỏi tập OPEN và đưa vào tập CLOSE.

OPEN = { (Oradea, $g = 146$, $h = 380$, $f = 526$, Cha = Zerind),
 (Craiova, $g = 366$, $h = 160$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea),
 (Giurgiu, $g = 508$, $h = 77$, $f = 585$, Cha = Bucharest),
 (Urziceni, $g = 503$, $h = 10$, $f = 513$, Cha = Bucharest) }

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

- Từ Lugoj ta có thể được tới 2 thành phố là Timisoara và Mehadia. Tương tự ta cũng tính các giá trị h , g và f của các thành phố này.

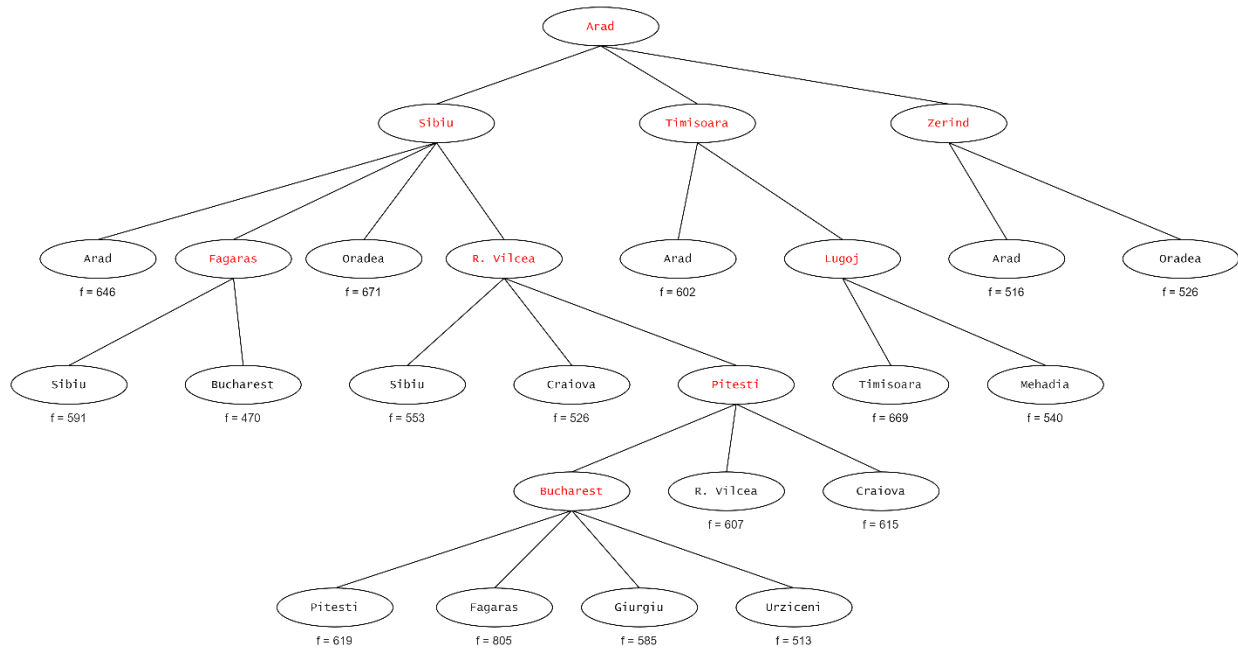
$$\begin{aligned} \checkmark \quad & h(\text{Timisoara}) = 329 \\ & g(\text{Timisoara}) = g(\text{Lugoj}) + \text{cost}(\text{Lugoj}, \text{Timisoara}) = 229 + 111 = 340 \\ & f(\text{Timisoara}) = g(\text{Timisoara}) + h(\text{Timisoara}) = 340 + 329 = 669 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \quad & h(\text{Mehadia}) = 241 \\ & g(\text{Mehadia}) = g(\text{Lugoj}) + \text{cost}(\text{Lugoj}, \text{Mehadia}) = 229 + 70 = 299 \\ & f(\text{Mehadia}) = g(\text{Mehadia}) + h(\text{Mehadia}) = 299 + 241 = 540 \end{aligned}$$

- Timisoara đã có trong tập CLOSE nhưng do $g(\text{Timisoara})$ mới tạo có giá trị là 340 lớn hơn $g(\text{Timisoara})$ trong CLOSE có giá trị là 118 nên ta sẽ **không cập nhật** lại giá trị g và h của Timisoara.
- Mehadia không có trong tập OPEN lẫn CLOSE nên ta sẽ **thêm nút này vào tập OPEN**.

OPEN = { (Oradea, $g = 146$, $h = 380$, $f = 526$, Cha = Zerind),
 (Craiova, $g = 366$, $h = 160$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea),
 (Giurgiu, $g = 508$, $h = 77$, $f = 585$, Cha = Bucharest),
 (Urziceni, $g = 503$, $h = 10$, $f = 513$, Cha = Bucharest),
 (Mehadia, $g = 299$, $h = 241$, $f = 540$, Cha = Lugoj) }

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



- Trong tập OPEN, Urziceni có giá trị f nhỏ nhất nên $T_{\max} = \text{Urziceni}$
 - Lấy Urziceni ra khỏi tập OPEN và đưa vào tập CLOSE.

OPEN = { (Oradea, $g = 146$, $h = 380$, $f = 526$, Cha = Zerind),
 (Craiova, $g = 366$, $h = 160$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea),
 (Giurgiu, $g = 508$, $h = 77$, $f = 585$, Cha = Bucharest),
 (Mehadia, $g = 299$, $h = 241$, $f = 540$, Cha = Lugoj) }

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

- Từ Urziceni ta có thể được tới 3 thành phố là Bucharest, Vaslui và Hirsova. Tương tự ta cũng tính các giá trị h , g và f của các thành phố này.

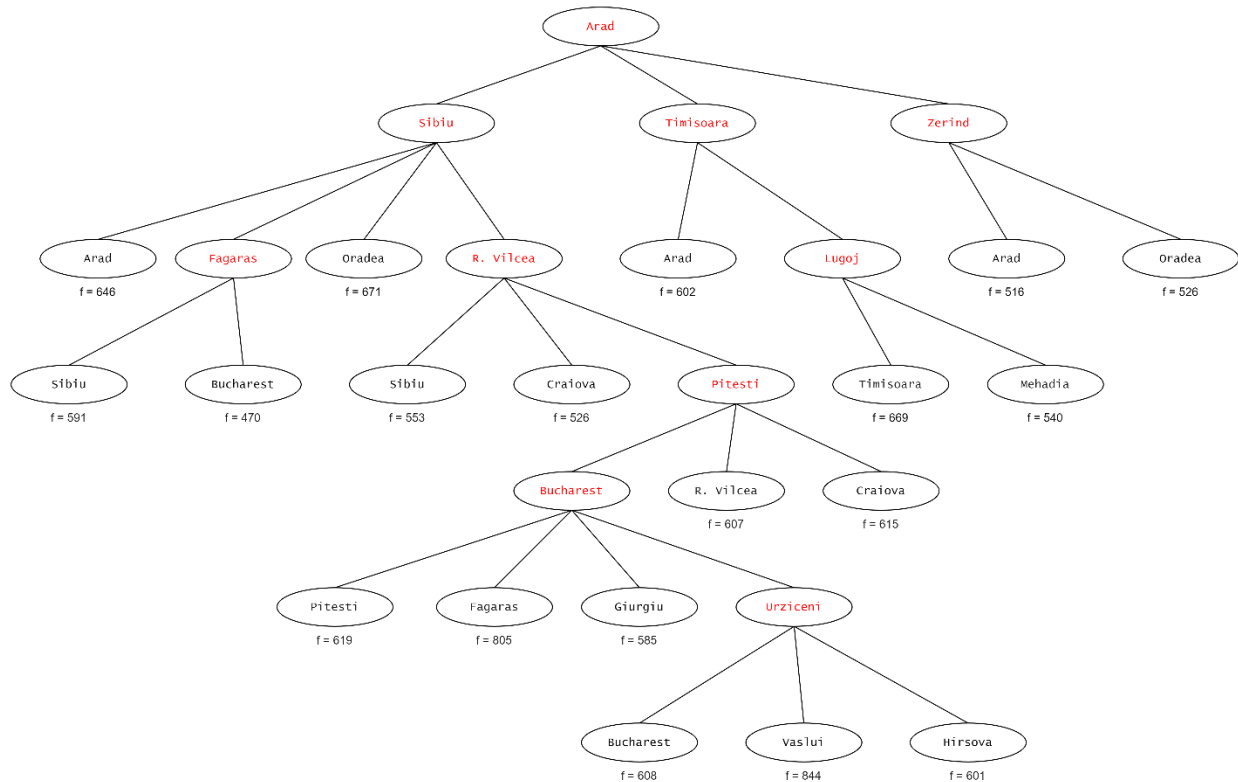
- ✓ $h(\text{Bucharest}) = 20$
 $g(\text{Bucharest}) = g(\text{Urziceni}) + \text{cost}(\text{Urziceni}, \text{Bucharest}) = 503 + 85 = 588$
 $f(\text{Bucharest}) = g(\text{Bucharest}) + h(\text{Bucharest}) = 588 + 20 = 608$

 - ✓ $h(\text{Vaslui}) = 199$
 $g(\text{Vaslui}) = g(\text{Urziceni}) + \text{cost}(\text{Urziceni}, \text{Vaslui}) = 503 + 142 = 645$
 $f(\text{Vaslui}) = g(\text{Vaslui}) + h(\text{Vaslui}) = 645 + 199 = 844$

 - ✓ $h(\text{Hirsova}) = 0$
 $g(\text{Hirsova}) = g(\text{Urziceni}) + \text{cost}(\text{Urziceni}, \text{Hirsova}) = 503 + 98 = 601$
 $f(\text{Hirsova}) = g(\text{Hirsova}) + h(\text{Hirsova}) = 601 + 0 = 601$
- Bucharest đã có trong tập CLOSE nhưng do $g(\text{Bucharest})$ mới tạo có giá trị là 588 lớn hơn $g(\text{Bucharest})$ trong CLOSE có giá trị là 418 nên ta sẽ **không cập nhật** lại giá trị g và h của Bucharest.
 - Vaslui và Hirsova không có trong tập OPEN lần CLOSE nên ta sẽ **thêm 2 nút này vào tập OPEN**.

OPEN = { (Oradea, $g = 146$, $h = 380$, $f = 526$, Cha = Zerind),
 (Craiova, $g = 366$, $h = 160$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea),
 (Giurgiu, $g = 508$, $h = 77$, $f = 585$, Cha = Bucharest),
 (Mehadia, $g = 299$, $h = 241$, $f = 540$, Cha = Lugoj),
 (Vaslui, $g = 645$, $h = 199$, $f = 844$, Cha = Urziceni),
 (Hirsova, $g = 601$, $h = 0$, $f = 601$, Cha = Urziceni) }

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



- Trong tập OPEN, Oradea có giá trị f nhỏ nhất nên $T_{\max} = \text{Oradea}$
 - Lấy Oradea ra khỏi tập OPEN và đưa vào tập CLOSE.

OPEN = { (Craiova, g = 366, h = 160, f = 526, Cha = R.Vilcea),
 (Giurgiu, g = 508, h = 77, f = 585, Cha = Bucharest),
 (Mehadia, g = 299, h = 241, f = 540, Cha = Lugoj),
 (Vaslui, g = 645, h = 199, f = 844, Cha = Urziceni),
 (Hirsova, g = 601, h = 0, f = 601, Cha = Urziceni) }

CLOSE = { (Arad, g = 0, h = 0, f = 0),
 (Sibiu, g = 140, h = 253, f = 393, cha = Arad),
 (R.Vilcea, g = 220, h = 193, f = 413, Cha = Sibiu),
 (Fagaras, g = 239, h = 176, f = 415, Cha = Sibiu),
 (Pitesti, g = 317, h = 100, f = 417, Cha = R.Vilcea),
 (Bucharest, g = 418, h = 20, f = 438, Cha = Pitesti),
 (Timisoara, g = 118, h = 329, f = 447, cha = Arad),
 (Zerind, g = 75, h = 374, f = 449, Cha = Arad),
 (Lugoj, g = 229, h = 244, f = 473, Cha = Timisoara),
 (Urziceni, g = 503, h = 10, f = 513, Cha = Bucharest),
 (Oradea, g = 146, h = 380, f = 526, Cha = Zerind) }

- Từ Oradea ta có thể đi đến Zerind, Sibiu. Tương tự như trên, ta sẽ tính g, h, f của 2 thành phố này.

✓ $h(\text{Zerind}) = 374$

$g(\text{Zerind}) = g(\text{Oradea}) + \text{cost}(\text{Oradea}, \text{Zerind}) = 146 + 71 = 217$

$f(\text{Zerind}) = g(\text{Zerind}) + h(\text{Zerind}) = 217 + 374 = 591$

✓ $h(\text{Sibiu}) = 253$

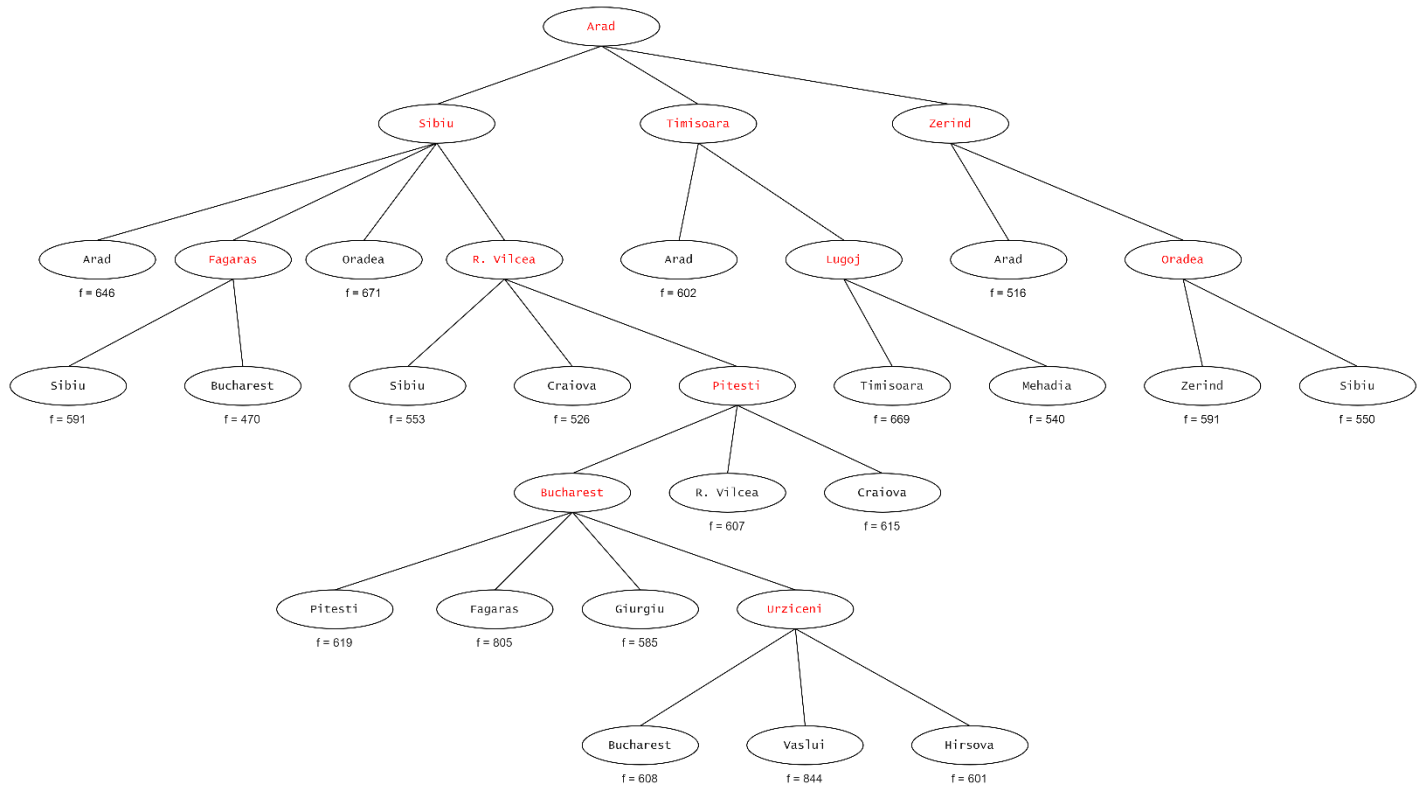
$g(\text{Sibiu}) = g(\text{Oradea}) + \text{cost}(\text{Oradea}, \text{Sibiu}) = 146 + 151 = 297$

$f(\text{Sibiu}) = g(\text{Sibiu}) + h(\text{Sibiu}) = 297 + 253 = 550$

- Vì Zerind và Sibiu đã có trong tập CLOSE và có giá trị g lần lượt là 75, 140 nhỏ hơn giá trị g mới tạo ra 217, 297 nên ta **không cập nhật** lại giá trị của Zerind, Sibiu. Khi đó tập OPEN và CLOSE của ta là:

OPEN = { (Craiova, g = 366, h = 160, f = 526, Cha = R.Vilcea),
(Giurgiu, g = 508, h = 77, f = 585, Cha = Bucharest),
(Mehadia, g = 299, h = 241, f = 540, Cha = Lugoj),
(Vaslui, g = 645, h = 199, f = 844, Cha = Urziceni),
(Hirsova, g = 601, h = 0, f = 601, Cha = Urziceni) }

CLOSE = { (Arad, g = 0, h = 0, f = 0),
(Sibiu, g = 140, h = 253, f = 393, cha = Arad),
(R.Vilcea, g = 220, h = 193, f = 413, Cha = Sibiu),
(Fagaras, g = 239, h = 176, f = 415, Cha = Sibiu),
(Pitesti, g = 317, h = 100, f = 417, Cha = R.Vilcea),
(Bucharest, g = 418, h = 20, f = 438, Cha = Pitesti),
(Timisoara, g = 118, h = 329, f = 447, cha = Arad),
(Zerind, g = 75, h = 374, f = 449, Cha = Arad),
(Lugoj, g = 229, h = 244, f = 473, Cha = Timisoara),
(Urziceni, g = 503, h = 10, f = 513, Cha = Bucharest),
(Oradea, g = 146, h = 380, f = 526, Cha = Zerind) }



- Trong tập OPEN, Craiova có giá trị f nhỏ nhất nên $T_{\max} = \text{Craiova}$
 - Lấy Craiova ra khỏi tập OPEN và đưa vào tập CLOSE.

OPEN = { (Giurgiu, $g = 508$, $h = 77$, $f = 585$, Cha = Bucharest),
 (Mehadia, $g = 299$, $h = 241$, $f = 540$, Cha = Lugoj),
 (Vaslui, $g = 645$, $h = 199$, $f = 844$, Cha = Urziceni),
 (Hirsova, $g = 601$, $h = 0$, $f = 601$, Cha = Urziceni) }

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

(Oradea, $g = 146$, $h = 380$, $f = 526$, Cha = Zerind),
 (Craiova, $g = 366$, $h = 160$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea) }

- Từ Craiova ta có thể đi đến Pitesti, R.Vilcea, Drobeta. Tương tự ta cũng tính các giá trị h , g và f của các thành phố này.

✓ $h(\text{Pitesti}) = 100$

$g(\text{Pitesti}) = g(\text{Craiova}) + \text{cost}(\text{Craiova}, \text{Pitesti}) = 366 + 138 = 504$

$f(\text{Pitesti}) = g(\text{Pitesti}) + h(\text{Pitesti}) = 504 + 100 = 604$

✓ $h(\text{R.Vilcea}) = 193$

$g(\text{R.Vilcea}) = g(\text{Craiova}) + \text{cost}(\text{Craiova}, \text{R.Vilcea}) = 366 + 146 = 512$

$f(\text{R.Vilcea}) = g(\text{R.Vilcea}) + h(\text{R.Vilcea}) = 512 + 193 = 705$

✓ $h(\text{Drobeta}) = 242$

$g(\text{Drobeta}) = g(\text{Craiova}) + \text{cost}(\text{Craiova}, \text{Drobeta}) = 366 + 120 = 486$

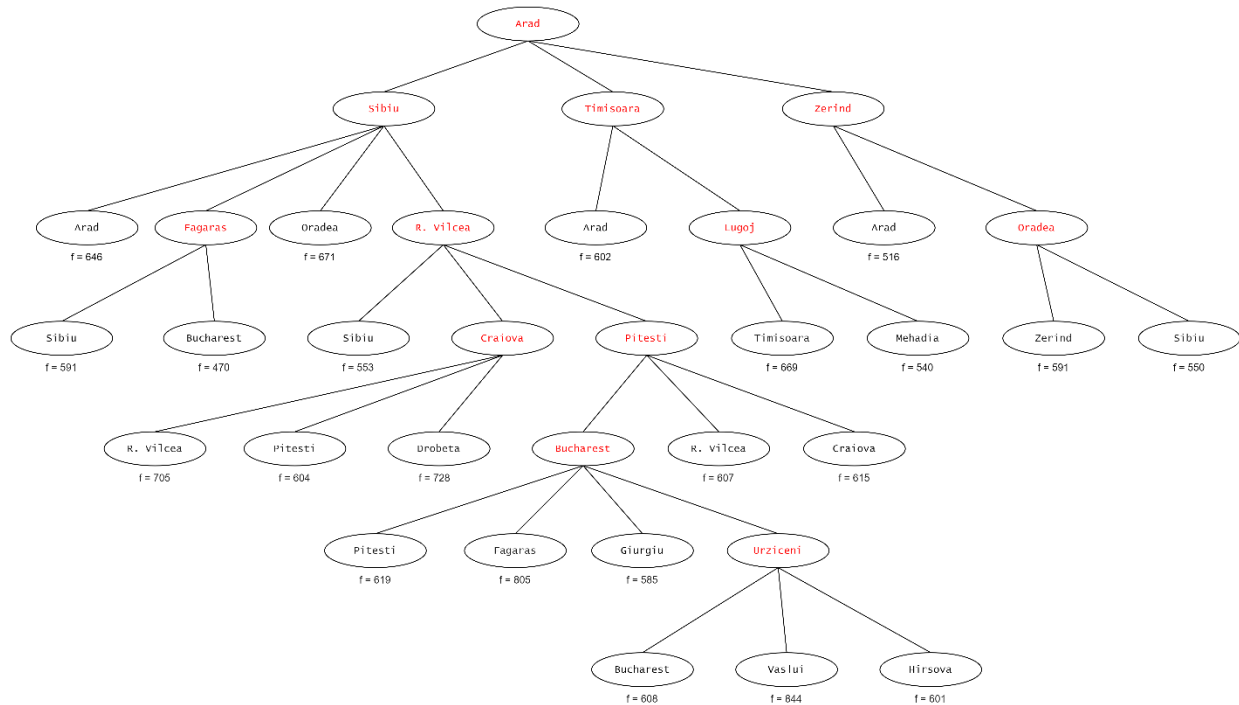
$f(\text{Drobeta}) = g(\text{Drobeta}) + h(\text{Drobeta}) = 486 + 242 = 728$

- Vì Pitesti và Rimnicu Vilcea đã có trong tập CLOSE và có giá trị g lần lượt là 317, 220 nhỏ hơn giá trị g mới tạo ra 504, 512 nên ta **không cập nhật** lại giá trị của Pitesti và Rimnicu Vilcea.
- Còn Drobeta thì do chưa nằm trong OPEN lẫn CLOSE nên ta **sẽ thêm nó vào tập OPEN**. Khi đó tập OPEN và CLOSE của ta là:

OPEN = { (Giurgiu, $g = 508$, $h = 77$, $f = 585$, Cha = Bucharest),
 (Mehadia, $g = 299$, $h = 241$, $f = 540$, Cha = Lugoj),
 (Vaslui, $g = 645$, $h = 199$, $f = 844$, Cha = Urziceni),
 (Hirsova, $g = 601$, $h = 0$, $f = 601$, Cha = Urziceni),
 (Drobeta, $g = 486$, $h = 242$, $f = 728$, Cha = Craiova) }

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

(Urziceni, g = 503, h = 10, f = 513, Cha = Bucharest),
 (Oradea, g = 146, h = 380, f = 526, Cha = Zerind),
 (Craiova, g = 366, h = 160, f = 526, Cha = R.Vilcea) }



- Trong tập OPEN, Mehadia có giá trị f nhỏ nhất nên $T_{\max} = \text{Mehadia}$
 - Lấy Mehadia ra khỏi tập OPEN và đưa vào tập CLOSE.

OPEN = { (Giurgiu, g = 508, h = 77, f = 585, Cha = Bucharest),
 (Vaslui, g = 645, h = 199, f = 844, Cha = Urziceni),
 (Hirsova, g = 601, h = 0, f = 601, Cha = Urziceni),
 (Drobeta, g = 486, h = 242, f = 728, Cha = Craiova) }

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

(Lugoj, $g = 229$, $h = 244$, $f = 473$, Cha = Timisoara),
 (Urziceni, $g = 503$, $h = 10$, $f = 513$, Cha = Bucharest),
 (Oradea, $g = 146$, $h = 380$, $f = 526$, Cha = Zerind),
 (Craiova, $g = 366$, $h = 160$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea),
 (Mehadia, $g = 299$, $h = 241$, $f = 540$, Cha = Lugoj) }

- Từ Mehadia ta có thể đi đến Lugoj, Drobeta. Tương tự ta tính g , h , f của 2 thành phố trên

✓ $h(\text{Lugoj}) = 244$

$g(\text{Lugoj}) = g(\text{Mehadia}) + \text{cost}(\text{Mehadia}, \text{Lugoj}) = 299 + 70 = 369$

$f(\text{Lugoj}) = g(\text{Lugoj}) + h(\text{Lugoj}) = 369 + 244 = 613$

✓ $h(\text{Drobeta}) = 242$

$g(\text{Drobeta}) = g(\text{Mehadia}) + \text{cost}(\text{Mehadia}, \text{Drobeta}) = 299 + 75 = 374$

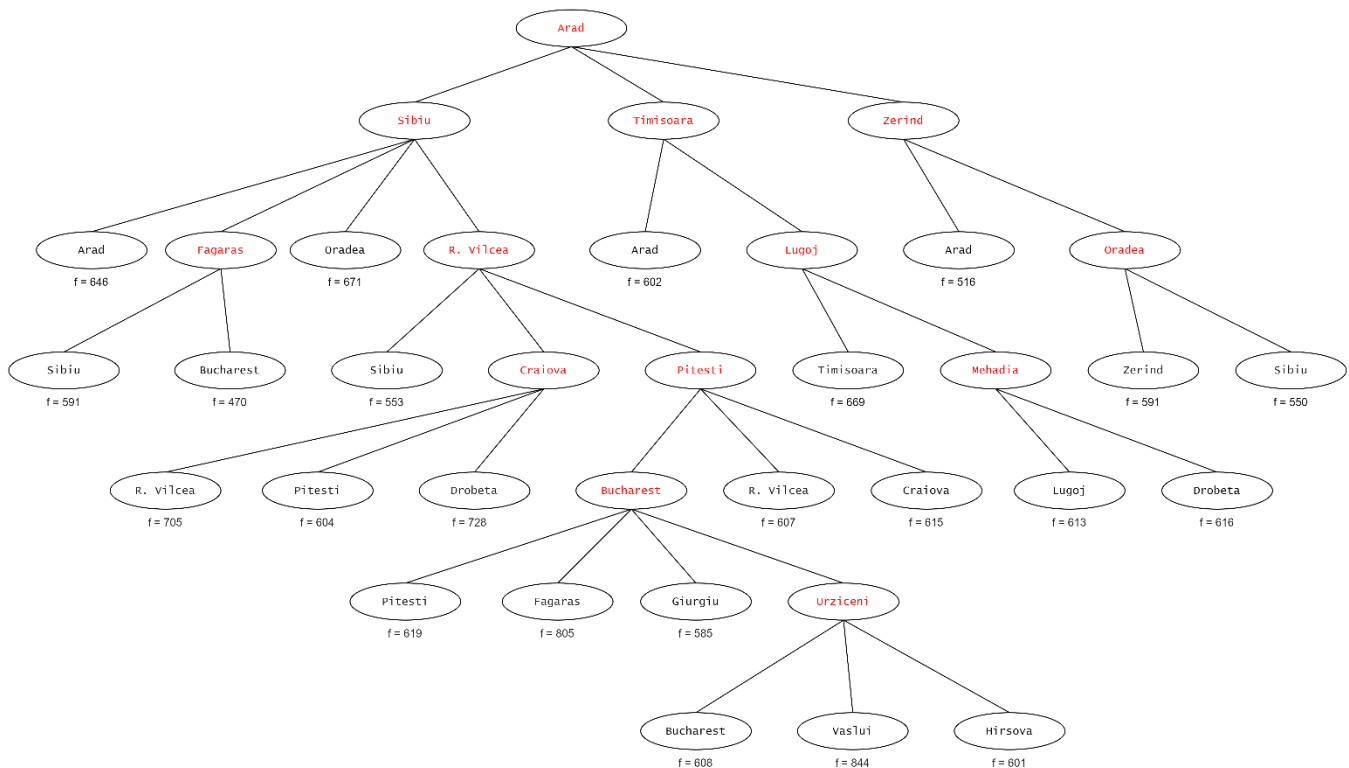
$f(\text{Drobeta}) = g(\text{Drobeta}) + h(\text{Drobeta}) = 374 + 242 = 616$

- Vì Lugoj đã có trong tập CLOSE và có giá trị g là 229 nhỏ hơn giá trị g mới tạo ra 369 nên ta **không cập nhật** lại giá trị của Lugoj. Còn Drobeta thì nằm trong OPEN và có giá trị g là 486 lớn hơn giá trị g mới tạo ra là 374 nên ta **sẽ cập nhật lại giá trị của nó vào tập OPEN**. Khi đó tập OPEN và CLOSE của ta là:

OPEN = { (Giurgiu, $g = 508$, $h = 77$, $f = 585$, Cha = Bucharest),
 (Vaslui, $g = 645$, $h = 199$, $f = 844$, Cha = Urziceni),
 (Hirsova, $g = 601$, $h = 0$, $f = 601$, Cha = Urziceni),
 (Drobeta, $g = 374$, $h = 242$, $f = 616$, Cha = Mehadia) }

CLOSE = { (Arad, $g = 0$, $h = 0$, $f = 0$),
 (Sibiu, $g = 140$, $h = 253$, $f = 393$, cha = Arad),
 (R.Vilcea, $g = 220$, $h = 193$, $f = 413$, Cha = Sibiu),
 (Fagaras, $g = 239$, $h = 176$, $f = 415$, Cha = Sibiu),
 (Pitesti, $g = 317$, $h = 100$, $f = 417$, Cha = R.Vilcea),
 (Bucharest, $g = 418$, $h = 20$, $f = 438$, Cha = Pitesti),
 (Timisoara, $g = 118$, $h = 329$, $f = 447$, cha = Arad),
 (Zerind, $g = 75$, $h = 374$, $f = 449$, Cha = Arad),
 (Lugoj, $g = 229$, $h = 244$, $f = 473$, Cha = Timisoara),
 (Urziceni, $g = 503$, $h = 10$, $f = 513$, Cha = Bucharest),
 (Oradea, $g = 146$, $h = 380$, $f = 526$, Cha = Zerind),

(Craiova, g = 366, h = 160, f = 526, Cha = R.Vilcea),
 (Mehadia, g = 299, h = 241, f = 540, Cha = Lugoj) }



- Trong tập OPEN, Giurgiu có giá trị f nhỏ nhất nên $T_{\max} = \text{Giurgiu}$
 - Lấy Giurgiu ra khỏi tập OPEN và đưa vào tập CLOSE.

OPEN = { (Vaslui, g = 645, h = 199, f = 844, Cha = Urziceni),
 (Hirsova, g = 601, h = 0, f = 601, Cha = Urziceni),
 (Drobeta, g = 374, h = 242, f = 616, Cha = Mehadia) }

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

(Lugoj, $g = 229$, $h = 244$, $f = 473$, Cha = Timisoara),
 (Urziceni, $g = 503$, $h = 10$, $f = 513$, Cha = Bucharest),
 (Oradea, $g = 146$, $h = 380$, $f = 526$, Cha = Zerind),
 (Craiova, $g = 366$, $h = 160$, $f = 526$, Cha = R.Vilcea),
 (Mehadia, $g = 299$, $h = 241$, $f = 540$, Cha = Lugoj),
 (Giurgiu, $g = 508$, $h = 77$, $f = 585$, Cha = Bucharest) }

- Từ Giurgiu ta có thể đi đến Bucharest. Tương tự ta tính g , h , f của thành phố trên

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

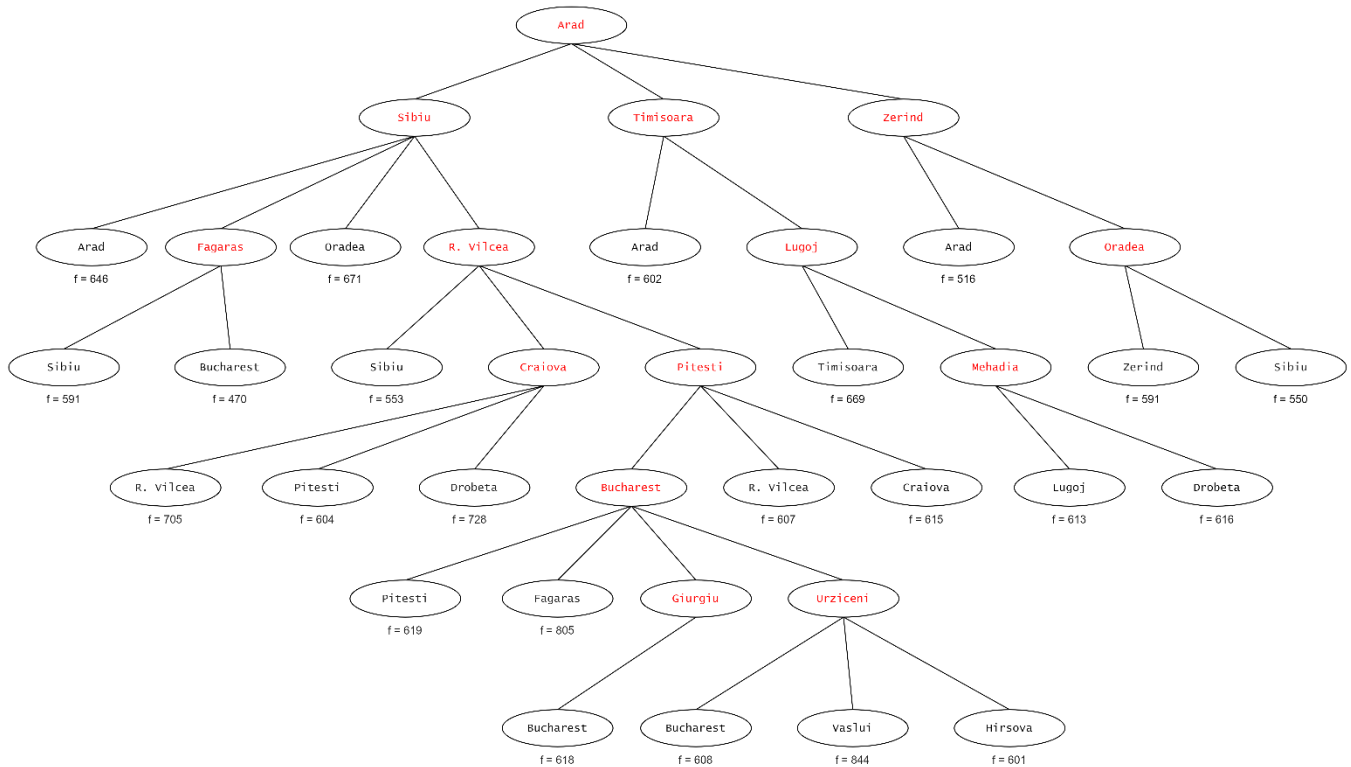
$$g(\text{Bucharest}) = g(\text{Giurgiu}) + \text{cost}(\text{Giurgiu}, \text{Bucharest}) = 508 + 90 = 598$$

$$f(\text{Bucharest}) = g(\text{Bucharest}) + h(\text{Bucharest}) = 598 + 20 = 618$$

- Vì Bucharest đã có trong tập CLOSE và có giá trị g là 418 nhỏ hơn giá trị g mới tạo ra 598 nên ta **không cập nhật** lại giá trị của Bucharest. Khi đó, tập OPEN và CLOSE của ta là:

OPEN = { (Vaslui, $g = 645$, $h = 199$, $f = 844$, Cha = Urziceni),
 (Hirsova, $g = 601$, $h = 0$, $f = 601$, Cha = Urziceni),
 (Drobeta, $g = 374$, $h = 242$, $f = 616$, Cha = Mehadia) }

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

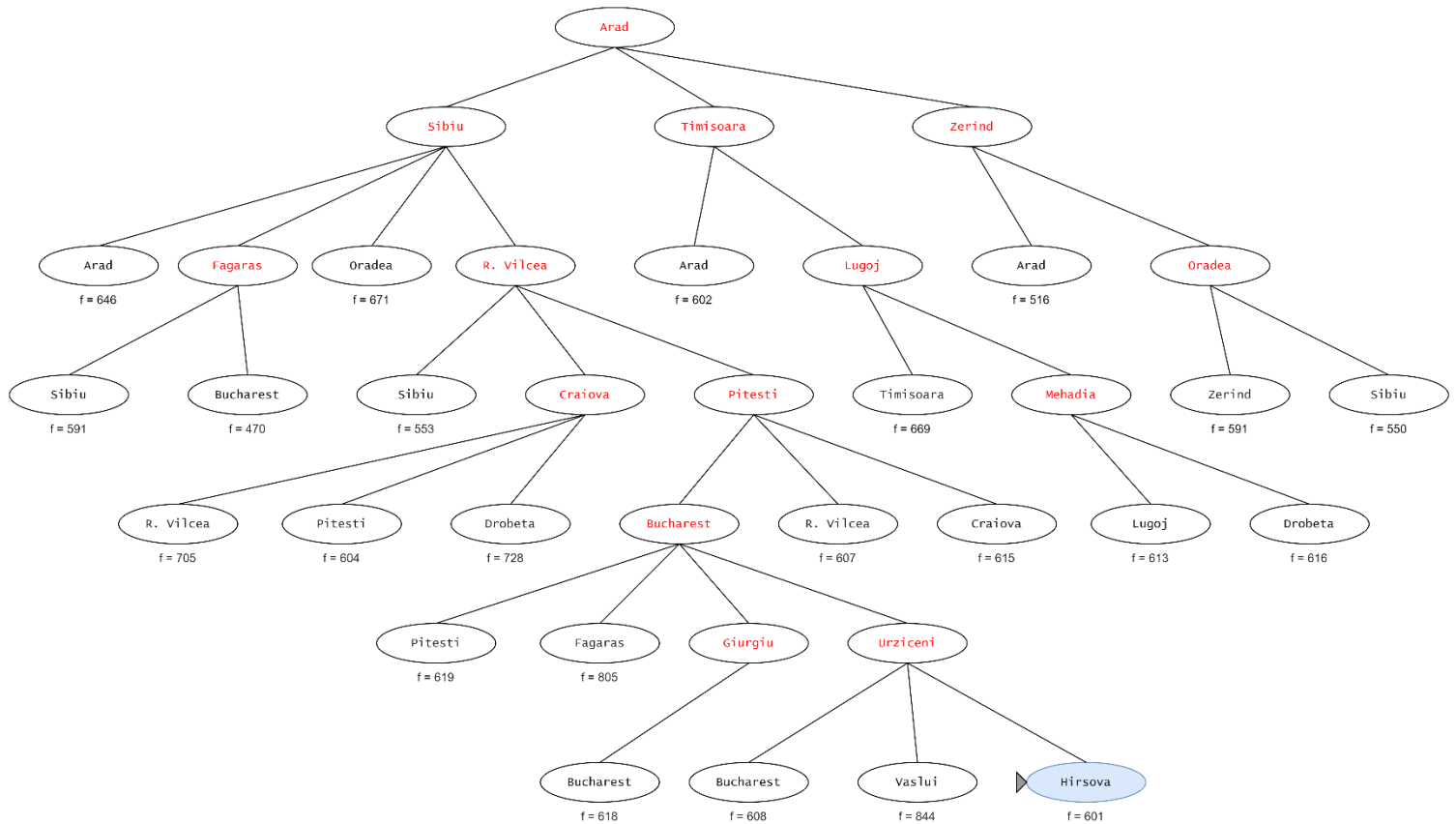


- Trong tập OPEN, Hirsova có giá trị f nhỏ nhất nên $T_{\max} = \text{Hirsova}$. Khi đó ta đã chạm đến nút mục tiêu nên bài toán dừng tại đây.

☞ Vậy đường đi ngắn nhất theo thuật toán A* search là:

Arad → *Sibiu* → *Rimnicu Vilcea* → *Pitesti* → *Bucharest* → *Urziceni* → *Hirsova*

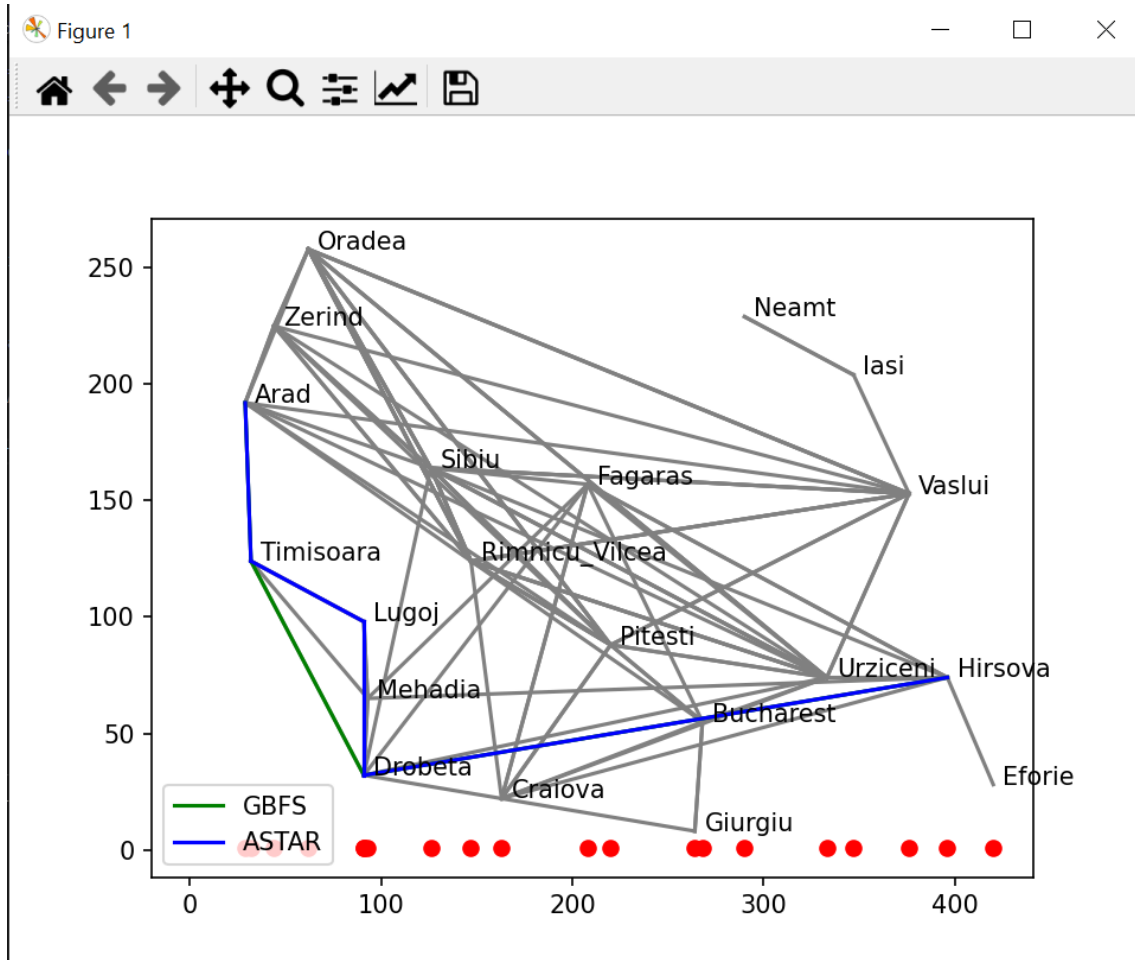
➡ Đồ thị bài toán theo thuật toán A* search là:



❖ Các thuật toán đã cho sẵn code như trên chạy ra kết quả đúng không? Nếu chưa đúng thì em sửa lại như thế nào cho phù hợp?

- Kết quả chạy thuật toán đã cho sẵn code như trên **chưa đúng**. Cụ thể:

```
Nhập đỉnh bắt đầu: 1
Nhập đỉnh kết thúc: 8
GBFS => ['Arad', 'Timisoara', 'Drobeta', 'Hirsova']
ASTAR -> ['Arad', 'Timisoara', 'Lugoj', 'Drobeta', 'Hirsova']
```

- Nếu chưa đúng thì em sửa lại như thế nào cho phù hợp?
 - **Lỗi 1:** Ở dòng 41 và 45, sửa tên biến từ “C” thành “c”.

```

33 # Khởi tạo đồ thị các thành phố từ file
34 def createGraph():
35     graph = {}
36     file = open("citiesGraph.txt")
37     for i in file.readlines():
38         node_val = i.split()
39
40         if node_val[0] in graph and node_val[1] in graph:
41             C = graph.get(node_val[0])
42             c.append([node_val[1], node_val[2]])
43             graph.update({node_val[0]: c})
44
45             C = graph.get(node_val[1])
46             c.append([node_val[0], node_val[2]])
47             graph.update({node_val[1]: c})
48

```

→ Code sau khi sửa:

```
40         if node_val[0] in graph and node_val[1] in graph:
41             c = graph.get(node_val[0])
42             c.append([node_val[1], node_val[2]])
43             graph.update({node_val[0]: c})
44
45             c = graph.get(node_val[1])
46             c.append([node_val[0], node_val[2]])
47             graph.update({node_val[1]: c})
```

- **Lỗi 2:** Thêm encoding = 'utf-8-sig' để đọc file citiesGraph.txt do bị lỗi kí tự thành phố Arad

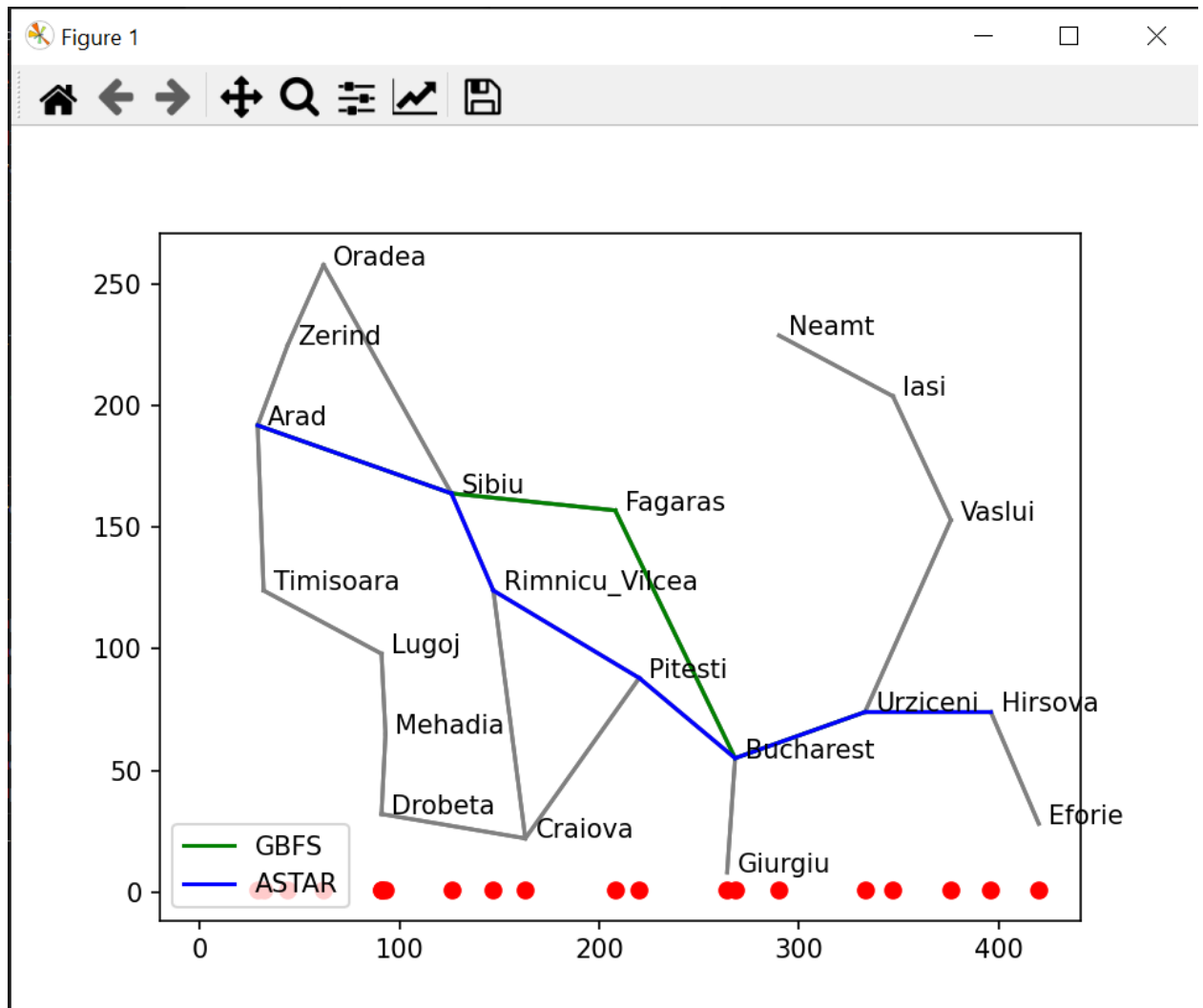
```
Traceback (most recent call last):
  File "c:\Users\PC\Downloads\code_Tuan3.py", line 174, in <module>
    drawMap(city, gbfs, astar, graph)
  File "c:\Users\PC\Downloads\code_Tuan3.py", line 121, in drawMap
    n = city[k[0]]
        ~~~~~^~~~~~
KeyError: 'İ»Arad'
```

→ Code sau khi sửa:

```
33 # Khởi tạo đồ thị các thành phố từ file
34 def createGraph():
35     graph = {}
36     file = open("citiesGraph.txt", encoding = 'utf-8-sig') #Thêm encoding
37     for i in file.readlines():
38         node_val = i.split()
```

➡ Kết quả sau khi sửa thuật toán:

```
Nhập đỉnh bắt đầu: 1
Nhập đỉnh kết thúc: 8
GBFS => ['Arad', 'Sibiu', 'Fagaras', 'Bucharest', 'Urziceni', 'Hirsova']
ASTAR -> ['Arad', 'Sibiu', 'Rimnicu_Vilcea', 'Pitesti', 'Bucharest', 'Urziceni', 'Hirsova']
```



❖ Từ đó, em có nhận xét gì về kết quả chạy tay với kết quả chạy trên máy tính.

- Sau khi sửa thuật toán, kết quả chạy tay với kết quả chạy trên máy tính giống nhau.