

# BTTH - NM TTNT - TUẦN 3

21280099 - Nguyễn Công Hoài Nam

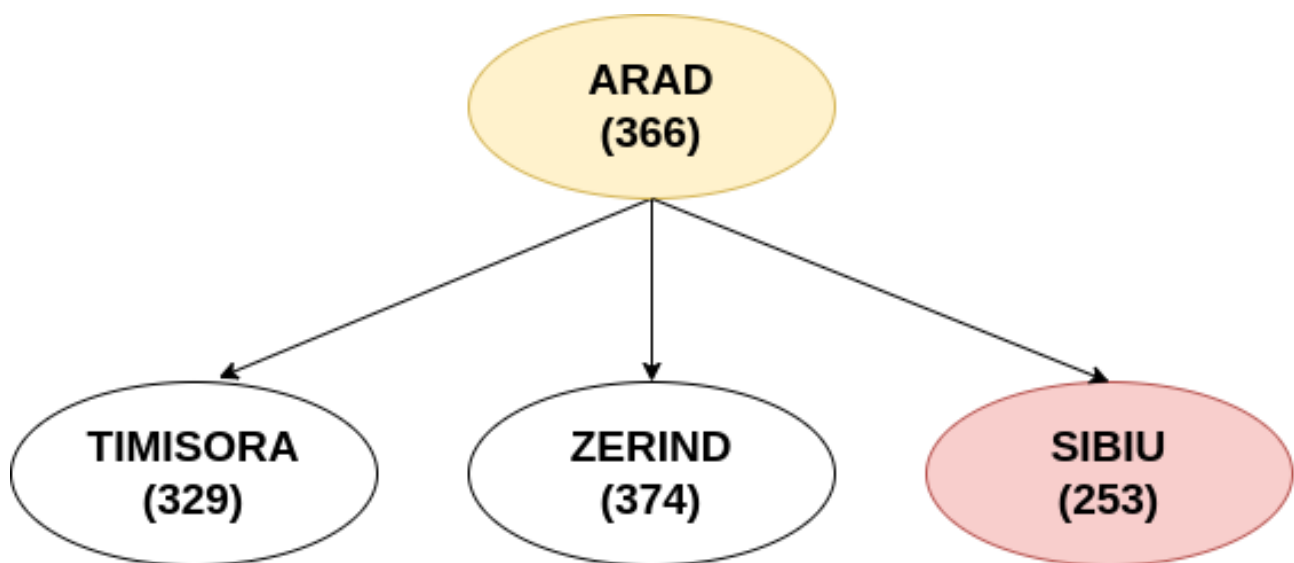
Ngày 13 tháng 11 năm 2023

## I. Chạy tay thuật toán

### 1. DBFS

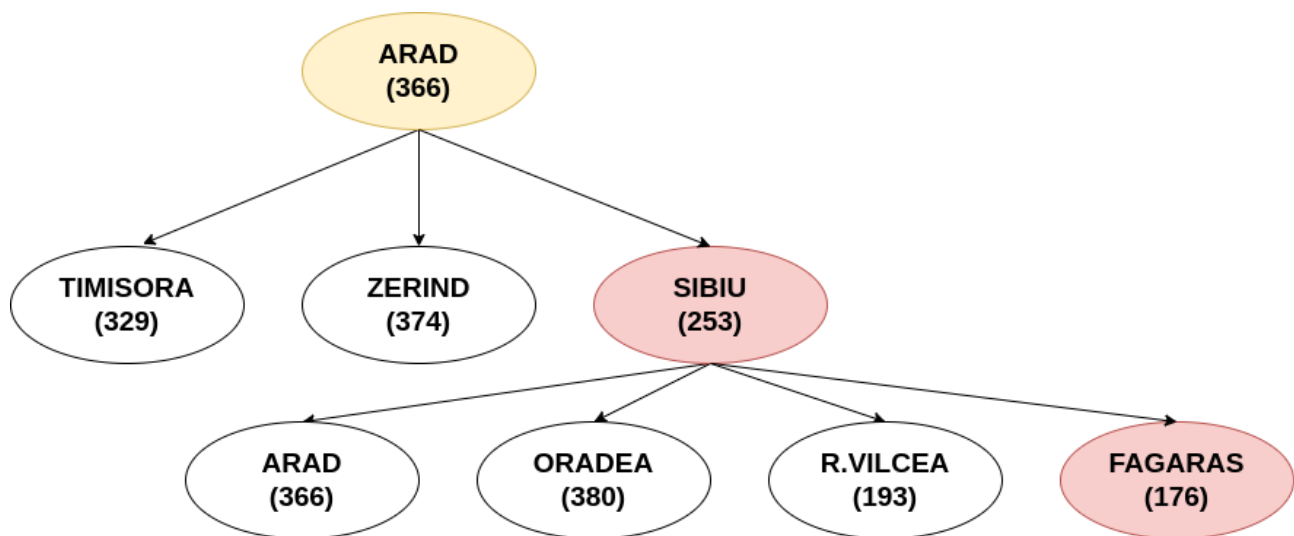
Bắt đầu từ nút đích Arad.

Từ Arad đi được 3 nút Timisora, Zerind, Sibiu



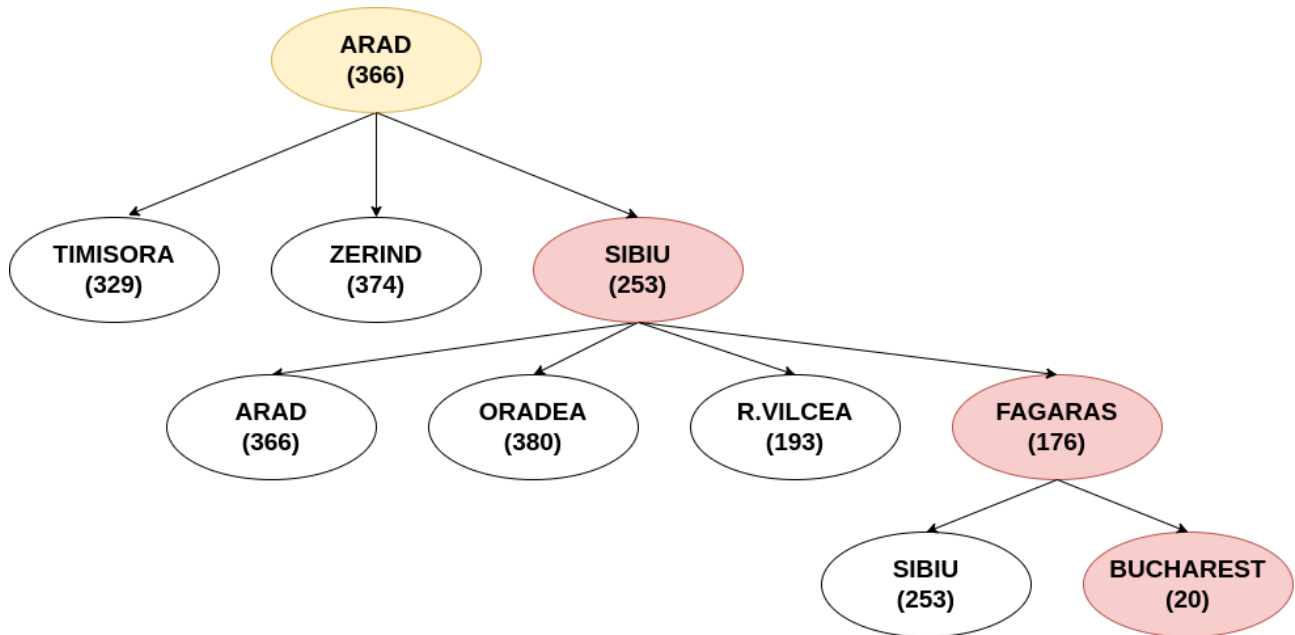
Nút Sibiu có h thấp nhất nên mở rộng từ nút này

Từ nút Sibiu đi được 4 nút là Arad, Oradea, R.Vilcea, Fagaras

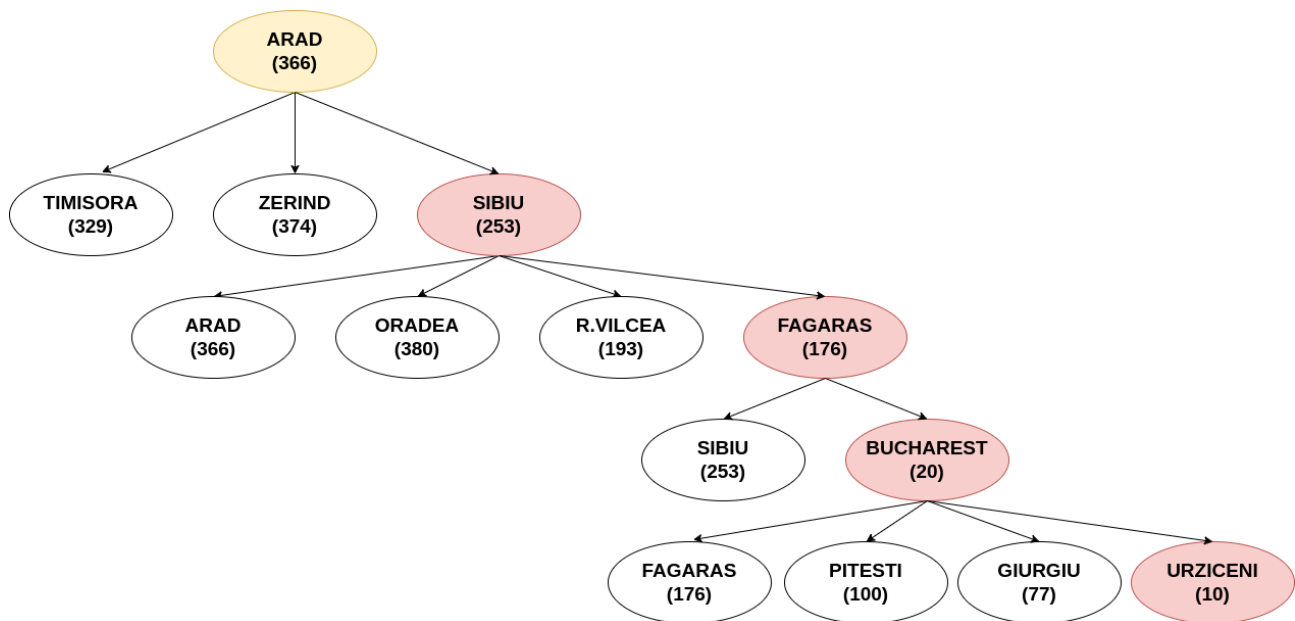


Nút Fagaras có h thấp nhất nên mở rộng từ nút này

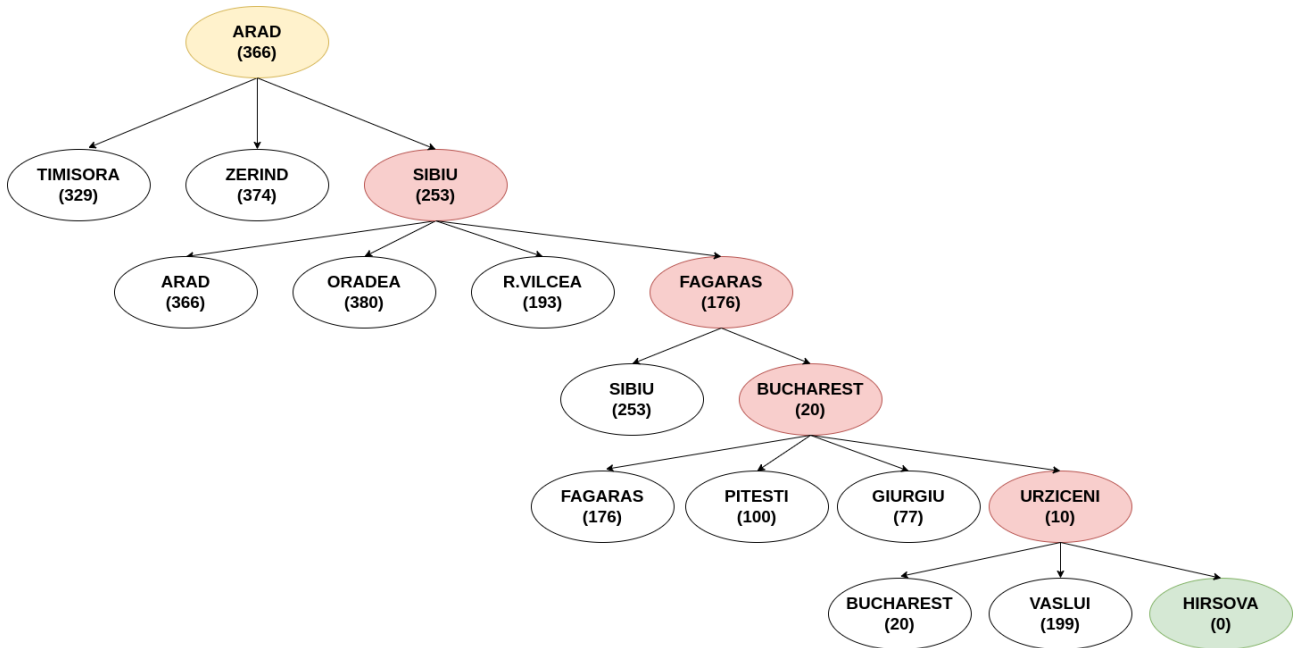
Từ nút Fagaras có thể mở rộng ra Sibiu hoặc Bucharest



Nút Bucharest có h thấp hơn nên chọn làm nút mở rộng  
Từ nút Bucharest đi được qua nút Fagaras, Pitesti, Giurgiu, Urziceni.



Nút Urziceni có h thấp nhất chọn làm nút mở rộng  
Từ nút Urziceni đi được Burachest, Vaslui, Hirsova



Nút Hirsova là nút đích cần tìm, kết thúc thuật toán

Vậy đường đi của thuật toán GDFS: Arad -> Sibiu -> Fagaras -> Burachest -> Urziceni -> Hirsova.

## 2. Astar

Ban đầu

OPEN	CLOSE
(Arad, g = 0, h = 0. f = 0)	$\emptyset$

Vì tập OPEN chỉ chứa duy nhất Arad vì vậy thành phố này là thành phố tốt nhất nên  $T_{max} = Arad$ .

Lấy Arad ra khỏi OPEN và thêm vào CLOSE

OPEN	CLOSE
$\emptyset$	(Arad, g = 0, h = 0. f = 0)

Từ Arad có thể đi 3 thành phố Sibiu, Timisora, Zerind.

1. Sibiu:

- $h(\text{Sibiu}) = 253$
- $g(\text{Sibiu}) = g(\text{Arad}) + \text{cost}(\text{Arad}, \text{Sibiu}) = 0 + 140 = 140$
- $f(\text{Sibiu}) = g(\text{Sibiu}) + h(\text{Sibiu}) = 140 + 253 = 393$
- $\text{father}(\text{Sibiu}) = \text{Arad}$

2. Timisora:

- $h(\text{Timisora}) = 329$
- $g(\text{Timisora}) = g(\text{Arad}) + \text{cost}(\text{Arad}, \text{Timisora}) = 0 + 118 = 118$
- $f(\text{Timisora}) = g(\text{Timisora}) + h(\text{Timisora}) = 329 + 118 = 447$
- $\text{father}(\text{Timisora}) = \text{Arad}$

3. Zerind:

- $h(\text{Zerind}) = 374$
- $g(\text{Zerind}) = g(\text{Arad}) + \text{cost}(\text{Arad}, \text{Zerind}) = 0 + 75 = 75$
- $f(\text{Zerind}) = g(\text{Zerind}) + h(\text{Zerind}) = 75 + 374 = 449$

- $\text{father}(\text{Zerind}) = \text{Arad}$

Cả Sibiu, Timisora, Zerind đều không ở trong CLOSE và OPEN nên thêm 3 nút này vào OPEN

OPEN	CLOSE
(Sibiu, $g = 140$ , $h = 253$ , $f = 393$ , $\text{father} = \text{Arad}$ ), (Timisora, $g = 118$ , $h = 329$ , $f = 447$ , $\text{father} = \text{Arad}$ ), (Zerind, $g = 75$ , $h = 374$ , $f = 449$ , $\text{father} = \text{Arad}$ )	(Arad, $g = 0$ , $h = 0$ , $f = 0$ )

Trong OPEN, Sibiu có giá trị  $f$  nhỏ nhất nên  $T_{max} = \text{Sibiu}$ .

Lấy Sibiu ra OPEN và thêm vào CLOSE

OPEN	CLOSE
(Timisora, $g = 118$ , $h = 329$ , $f = 447$ , $\text{father} = \text{Arad}$ ), (Zerind, $g = 75$ , $h = 374$ , $f = 449$ , $\text{father} = \text{Arad}$ )	(Arad, $g = 0$ , $h = 0$ , $f = 0$ ), (Sibiu, $g = 140$ , $h = 253$ , $f = 393$ , $\text{father} = \text{Arad}$ )

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

1. Arad:

- $h(\text{Arad}) = 366$
- $g(\text{Arad}) = g(\text{Sibiu}) + \text{cost}(\text{Sibiu}, \text{Arad}) = 140 + 140 = 280$
- $f(\text{Arad}) = g(\text{Sibiu}) + h(\text{Sibiu}) = 280 + 366 = 646$

2. Fagaras:

- $h(\text{Fagaras}) = 176$
- $g(\text{Fagaras}) = g(\text{Sibiu}) + \text{cost}(\text{Sibiu}, \text{Fagaras}) = 140 + 99 = 239$
- $f(\text{Fagaras}) = g(\text{Fagaras}) + h(\text{Fagaras}) = 239 + 176 = 415$
- $\text{father}(\text{Fagaras}) = \text{Sibiu}$

3. Oradea:

- $h(\text{Oradea}) = 380$
- $g(\text{Oradea}) = g(\text{Sibiu}) + \text{cost}(\text{Sibiu}, \text{Oradea}) = 140 + 151 = 291$
- $f(\text{Oradea}) = g(\text{Oradea}) + h(\text{Oradea}) = 291 + 380 = 671$
- $\text{father}(\text{Oradea}) = \text{Sibiu}$

4. R.Vilcea:

- $h(\text{R.Vilcea}) = 193$
- $g(\text{R.Vilcea}) = g(\text{Sibiu}) + \text{cost}(\text{Sibiu}, \text{R.Vilcea}) = 140 + 80 = 220$
- $f(\text{R.Vilcea}) = g(\text{R.Vilcea}) + h(\text{R.Vilcea}) = 220 + 193 = 413$
- $\text{father}(\text{R.Vilcea}) = \text{Sibiu}$

Arad đã có trong CLOSE và  $g(\text{Arad})$  mới là 280 lớn hơn  $g(\text{Arad})$  cũ là 0 nên không cập nhật Arad trong CLOSE. 3 nút Fagaras, Oradea, R.Vilcea không có trong OPEN và CLOSE nên thêm 3 nút này vào OPEN

OPEN	CLOSE
(Timisora, $g = 118$ , $h = 329$ , $f = 447$ , $\text{father} = \text{Arad}$ ), (Zerind, $g = 75$ , $h = 374$ , $f = 449$ , $\text{father} = \text{Arad}$ ), (Fagaras, $g = 239$ , $h = 176$ , $f = 415$ , $\text{father} = \text{Sibiu}$ ), (Oradea, $g = 291$ , $h = 380$ , $f = 617$ , $\text{father} = \text{Sibiu}$ ), (R.Vilcea, $g = 220$ , $h = 193$ , $f = 413$ , $\text{father} = \text{Sibiu}$ )	(Arad, $g = 0$ , $h = 0$ , $f = 0$ ), (Sibiu, $g = 140$ , $h = 253$ , $f = 393$ , $\text{father} = \text{Arad}$ )

Trong OPEN, R.Vilcea có  $f$  nhỏ nhất nên  $T_{max} = \text{R.Vilcea}$ , chuyển R.Vilcea sang CLOSE.

OPEN	CLOSE
(Timisora, g = 118, h = 329, f = 447, father = Arad), (Zerind, g = 75, h = 374, f = 449, father = Arad), (Fagaras, g = 239, h = 176, f = 415, father = Sibiu), (Oradea, g = 291, h = 380, f = 617, father = Sibiu)	(Arad, g = 0, h = 0, f = 0), (Sibiu, g = 140, h = 253, f = 393, father = Arad), (R.Vilcea, g = 220, h = 193, f = 413, father = Sibiu)

Từ R.Vilcea có thể đi Craiova, Pitesti, Sibiu

1. Craiova:

- $h(\text{Craiova}) = 160$
- $g(\text{Craiova}) = g(\text{R.Vilcea}) + \text{cost}(\text{R.Vilcea}, \text{Craiova}) = 220 + 146 = 366$
- $f(\text{Craiova}) = g(\text{Craiova}) + h(\text{Craiova}) = 366 + 160 = 526$
- $\text{father}(\text{Craiova}) = \text{R.Vilcea}$

2. Pitesti:

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

3. Sibiu:

- $h(\text{Sibiu}) = 253$
- $g(\text{Sibiu}) = g(\text{R.Vilcea}) + \text{cost}(\text{R.Vilcea}, \text{Sibiu}) = 220 + 80 = 300$
- $f(\text{Sibiu}) = g(\text{Sibiu}) + h(\text{Sibiu}) = 300 + 253 = 553$
- $\text{father}(\text{Sibiu}) = \text{R.Vilcea}$

Sibiu đã có trong CLOSE và  $g_{\text{new}}(\text{Sibiu}) = 300 > g_{\text{old}}(\text{Sibiu}) = 140$  nên không cập nhật Sibiu  
Craiova và Pitesti đều không có trong OPEN/CLOSE nên đưa chúng vào OPEN

OPEN	CLOSE
(Timisora, g = 118, h = 329, f = 447, father = Arad), (Zerind, g = 75, h = 374, f = 449, father = Arad), (Fagaras, g = 239, h = 176, f = 415, father = Sibiu), (Oradea, g = 291, h = 380, f = 617, father = Sibiu), (Craiova, g = 366, h = 160, f = 526, father = R.Vilcea), (Pitesti, g = 317, h = 100, f = 417, father = R.Vilcea)	(Arad, g = 0, h = 0, f = 0), (Sibiu, g = 140, h = 253, f = 393, father = Arad), (R.Vilcea, g = 220, h = 193, f = 413, father = Sibiu)

Trong OPEN, Fagaras có f nhỏ nhất nên  $T_{\text{max}} = \text{Fagaras}$ , chuyển sang CLOSE

OPEN	CLOSE
(Timisora, g = 118, h = 329, f = 447, father = Arad), (Zerind, g = 75, h = 374, f = 449, father = Arad), (Oradea, g = 291, h = 380, f = 617, father = Sibiu), (Craiova, g = 366, h = 160, f = 526, father = R.Vilcea), (Pitesti, g = 317, h = 100, f = 417, father = R.Vilcea)	(Arad, g = 0, h = 0, f = 0), (Sibiu, g = 140, h = 253, f = 393, father = Arad), (R.Vilcea, g = 220, h = 193, f = 413, father = Sibiu), (Fagaras, g = 239, h = 176, f = 415, father = Sibiu)

Từ Fagaras đi được Sibiu và Bucharest

1. Sibiu:

- $h(\text{Sibiu}) = 253$
- $g(\text{Sibiu}) = g(\text{Fagaras}) + \text{cost}(\text{Fagaras}, \text{Sibiu}) = 239 + 99 = 338$
- $f(\text{Sibiu}) = g(\text{Sibiu}) + h(\text{Sibiu}) = 338 + 253 = 591$

- $\text{father}(\text{Sibiu}) = \text{Fagaras}$

2. Bucharest:

- $h(\text{Bucharest}) = 20$
- $g(\text{Bucharest}) = g(\text{Fagaras}) + \text{cost}(\text{Fagaras}, \text{Bucharest}) = 239 + 211 = 450$
- $f(\text{Bucharest}) = g(\text{Bucharest}) + h(\text{Bucharest}) = 450 + 20 = 470$
- $\text{father}(\text{Bucharest}) = \text{Fagaras}$

Sibiu đã có trong CLOSE và  $g_{\text{new}}(\text{Sibiu}) = 338 > g_{\text{old}}(\text{Sibiu}) = 140$  nên không cập nhật Sibiu  
Bucharest không có trong OPEN/CLOSE nên đưa vào OPEN

OPEN	CLOSE
(Timisora, $g = 118$ , $h = 329$ , $f = 447$ , father = Arad), (Zerind, $g = 75$ , $h = 374$ , $f = 449$ , father = Arad), (Oradea, $g = 291$ , $h = 380$ , $f = 617$ , father = Sibiu), (Craiova, $g = 366$ , $h = 160$ , $f = 526$ , father = R.Vilcea), (Pitesti, $g = 317$ , $h = 100$ , $f = 417$ , father = R.Vilcea), (Bucharest, $g = 450$ , $h = 20$ , $f = 470$ , father = Fagaras)	(Arad, $g = 0$ , $h = 0$ , $f = 0$ ), (Sibiu, $g = 140$ , $h = 253$ , $f = 393$ , father = Arad), (R.Vilcea, $g = 220$ , $h = 193$ , $f = 413$ , father = Sibiu), (Fagaras, $g = 239$ , $h = 176$ , $f = 415$ , father = Sibiu)

Từ OPEN, nút tốt nhất là Pitesti nên  $T_{\text{max}} = \text{Pitesti}$ , đưa nó qua CLOSE

OPEN	CLOSE
(Timisora, $g = 118$ , $h = 329$ , $f = 447$ , father = Arad), (Zerind, $g = 75$ , $h = 374$ , $f = 449$ , father = Arad), (Oradea, $g = 291$ , $h = 380$ , $f = 617$ , father = Sibiu), (Craiova, $g = 366$ , $h = 160$ , $f = 526$ , father = R.Vilcea), (Bucharest, $g = 450$ , $h = 20$ , $f = 470$ , father = Fagaras)	(Arad, $g = 0$ , $h = 0$ , $f = 0$ ), (Sibiu, $g = 140$ , $h = 253$ , $f = 393$ , father = Arad), (R.Vilcea, $g = 220$ , $h = 193$ , $f = 413$ , father = Sibiu), (Fagaras, $g = 239$ , $h = 176$ , $f = 415$ , father = Sibiu), (Pitesti, $g = 317$ , $h = 100$ , $f = 417$ , father = R.Vilcea)

Từ Pitesti đi được R.Vilcea, Bucharest, Craiova.

1. R.Vilcea:

- $h(\text{R.Vilcea}) = 193$
- $g(\text{R.Vilcea}) = g(\text{Pitesti}) + \text{cost}(\text{Pitesti}, \text{R.Vilcea}) = 317 + 97 = 414$
- $f(\text{R.Vilcea}) = g(\text{R.Vilcea}) + h(\text{R.Vilcea}) = 414 + 193 = 607$
- $\text{father}(\text{R.Vilcea}) = \text{Pitesti}$

2. Bucharest:

- $h(\text{Bucharest}) = 20$
- $g(\text{Bucharest}) = g(\text{Pitesti}) + \text{cost}(\text{Pitesti}, \text{Bucharest}) = 317 + 101 = 418$
- $f(\text{Bucharest}) = g(\text{Bucharest}) + h(\text{Bucharest}) = 418 + 20 = 438$
- $\text{father}(\text{Bucharest}) = \text{Pitesti}$

3. Craiova:

- $h(\text{Craiova}) = 160$
- $g(\text{Craiova}) = g(\text{Pitesti}) + \text{cost}(\text{Pitesti}, \text{Craiova}) = 317 + 138 = 455$
- $f(\text{Craiova}) = g(\text{Craiova}) + h(\text{Craiova}) = 455 + 160 = 615$
- $\text{father}(\text{Craiova}) = \text{Pitesti}$

R.Vilcea đã có trong CLOSE và  $g_{new}(R.Vilcea) = 414 > g_{old}(R.Vilcea) = 220$  nên không cập nhật R.Vilcea trong CLOSE. Crainova đã có trong OPEN và  $g_{new}(Crainova) = 455 > g_{old}(Crainova) = 366$  nên không cập nhật Crainova trong OPEN. Bucharest đã có trong OPEN và  $g_{new}(Bucharest) = 418 < g_{old}(Bucharest) = 450$  nên ta cập nhật lại Bucharest trong OPEN

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

Trong OPEN, Bucharest có f nhỏ nhất nên chọn làm  $T_{max}$  chuyển qua CLOSE

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

Từ Bucharest đi được Pitesti, Fagaras, Giurgiu và Urziceni

1. Pitesti:

- $h(\text{Pitesti}) = 100$
- $g(\text{Pitesti}) = g(\text{Bucharest}) + \text{cost}(\text{Bucharest}, \text{Pitesti}) = 418 + 101 = 519$
- $f(\text{Pitesti}) = g(\text{Pitesti}) + h(\text{Pitesti}) = 519 + 100 = 619$
- $\text{father}(\text{Pitesti}) = \text{Bucharest}$

2. Fagaras:

- $h(\text{Fagaras}) = 176$
- $g(\text{Fagaras}) = g(\text{Bucharest}) + \text{cost}(\text{Bucharest}, \text{Fagaras}) = 418 + 211 = 629$
- $f(\text{Fagaras}) = g(\text{Fagaras}) + h(\text{Fagaras}) = 629 + 176 = 805$
- $\text{father}(\text{Fagaras}) = \text{Bucharest}$

3. Giurgiu:

- $h(\text{Giurgiu}) = 77$
- $g(\text{Giurgiu}) = g(\text{Bucharest}) + \text{cost}(\text{Bucharest}, \text{Giurgiu}) = 418 + 90 = 508$
- $f(\text{Giurgiu}) = g(\text{Giurgiu}) + h(\text{Giurgiu}) = 508 + 77 = 585$
- $\text{father}(\text{Giurgiu}) = \text{Bucharest}$

4. Urziceni:

- $h(\text{Urziceni}) = 10$
- $g(\text{Urziceni}) = g(\text{Bucharest}) + \text{cost}(\text{Bucharest}, \text{Urziceni}) = 418 + 85 = 503$
- $f(\text{Urziceni}) = g(\text{Urziceni}) + h(\text{Urziceni}) = 503 + 10 = 513$
- $\text{father}(\text{Urziceni}) = \text{Bucharest}$

Pitesti đã có trong CLOSE và  $g_{new}(\text{Pitesti}) = 519 > g_{old}(\text{Pitesti}) = 317$  nên không cập nhật Pitesti trong CLOSE. Fagaras đã có trong CLOSE và  $g_{new}(\text{Fagaras}) = 629 > g_{old}(\text{Fagaras}) = 239$  nên không cập nhật Fagaras trong CLOSE.

Giurgiu và Urziceni chưa có trong CLOSE và OPEN nên thêm vào OPEN

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

Timisora có f nhỏ nhất nên chọn làm  $T_{max}$  đưa vào CLOSE

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

Timisora đi được đến Arad và Lugoj

1. Arad:

- $h(\text{Arad}) = 366$
- $g(\text{Arad}) = g(\text{Timisora}) + \text{cost}(\text{Timisora}, \text{Arad}) = 118 + 118 = 236$
- $f(\text{Arad}) = g(\text{Arad}) + h(\text{Arad}) = 236 + 366 = 602$
- $\text{father}(\text{Arad}) = \text{Timisora}$

2. Lugoj:

- $h(\text{Lugoj}) = 244$
- $g(\text{Lugoj}) = g(\text{Timisora}) + \text{cost}(\text{Timisora}, \text{Lugoj}) = 118 + 111 = 229$
- $f(\text{Lugoj}) = g(\text{Lugoj}) + h(\text{Lugoj}) = 229 + 244 = 473$
- $\text{father}(\text{Lugoj}) = \text{Timisora}$

Arad đã có trong CLOSE và  $g_{new}(\text{Arad}) = 236 > g_{old}(\text{Arad}) = 0$  nên không cập nhật Arad. Lugoj chưa có trong OPEN/CLOSE nên thêm vào OPEN.

OPEN	CLOSE
(Zerind, g = 75, h = 374, f = 449, father = Arad), (Oradea, g = 291, h = 380, f = 617, father = Sibiu), (Craiova, g = 366, h = 160, f = 526, father = R.Vilcea), (Giurgiu, g = 508, h = 77, f = 585, father = Bucharest), (Urziceni, g = 503, h = 10, f = 513, father = Bucharest), (Lugoj, g = 229, h = 244, f = 473, father = Timisora)	(Arad, g = 0, h = 0, f = 0), (Sibiu, g = 140, h = 253, f = 393, father = Arad), (R.Vilcea, g = 220, h = 193, f = 413, father = Sibiu), (Fagaras, g = 239, h = 176, f = 415, father = Sibiu), (Pitesti, g = 317, h = 100, f = 417, father = R.Vilcea), (Bucharest, g = 418, h = 20, f = 438, father = Pitesti), (Timisora, g = 118, h = 329, f = 447, father = Arad)

Zerind có f nhỏ nhất nên chọn làm  $T_{max}$  lấy ra khỏi OPEN.



OPEN	CLOSE
(Oradea, g = 291, h = 380, f = 617, father = Sibiu), (Craiova, g = 366, h = 160, f = 526, father = R.Vilcea), (Giurgiu, g = 508, h = 77, f = 585, father = Bucharest), (Urziceni, g = 503, h = 10, f = 513, father = Bucharest), (Lugoj, g = 229, h = 244, f = 473, father = Timisora)	(Arad, g = 0, h = 0, f = 0), (Sibiu, g = 140, h = 253, f = 393, father = Arad), (R.Vilcea, g = 220, h = 193, f = 413, father = Sibiu), (Fagaras, g = 239, h = 176, f = 415, father = Sibiu), (Pitesti, g = 317, h = 100, f = 417, father = R.Vilcea), (Bucharest, g = 418, h = 20, f = 438, father = Pitesti), (Timisora, g = 118, h = 329, f = 447, father = Arad), (Zerind, g = 75, h = 374, f = 449, father = Arad)

Zerin đi được Arad và Oradea

1. Arad:

- $h(\text{Arad}) = 366$
- $g(\text{Arad}) = g(\text{Zerin}) + \text{cost}(\text{Zerin}, \text{Arad}) = 75 + 75 = 150$
- $f(\text{Arad}) = g(\text{Arad}) + h(\text{Arad}) = 150 + 366 = 516$
- $\text{father}(\text{Arad}) = \text{Zerin}$

2. Oradea:

- $h(\text{Oradea}) = 380$
- $g(\text{Oradea}) = g(\text{Zerin}) + \text{cost}(\text{Zerin}, \text{Oradea}) = 75 + 71 = 146$
- $f(\text{Oradea}) = g(\text{Oradea}) + h(\text{Oradea}) = 146 + 380 = 526$
- $\text{father}(\text{Oradea}) = \text{Zerin}$

Arad đã có trong CLOSE và  $g_{\text{new}}(\text{Arad}) = 150 > g_{\text{old}}(\text{Arad}) = 0$  nên không cập nhật Arad. Oradea có trong OPEN và  $g_{\text{new}}(\text{Oradea}) = 146 < g_{\text{old}}(\text{Oradea}) = 291$  nên cập nhật lại Oradea.

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

Lugoj nhỏ nhất nên chọn làm  $T_{\text{max}}$  chuyển vào CLOSE

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

Lugoj đi được Timisora, Mehadia

1. Timisora:

- $h(\text{Timisora}) = 329$
- $g(\text{Timisora}) = g(\text{Lugoj}) + \text{cost}(\text{Lugoj}, \text{Timisora}) = 229 + 111 = 340$
- $f(\text{Timisora}) = g(\text{Timisora}) + h(\text{Timisora}) = 340 + 329 = 669$
- $\text{father}(\text{Timisora}) = \text{Lugoj}$

2. Mehadia:

- $h(\text{Mehadia}) = 241$
- $g(\text{Mehadia}) = g(\text{Lugoj}) + \text{cost}(\text{Lugoj}, \text{Mehadia}) = 229 + 70 = 299$
- $f(\text{Mehadia}) = g(\text{Mehadia}) + h(\text{Mehadia}) = 299 + 241 = 540$
- $\text{father}(\text{Mehadia}) = \text{Lugoj}$

Timisora đã có trong CLOSE và  $g_{\text{new}}(\text{Timisora}) = 340 > g_{\text{old}}(\text{Timisora}) = 118$  nên không cập nhật Timisora. Mehadia chưa có trong OPEN/CLOSE nên thêm vào OPEN.

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

Urziceni có  $f$  nhỏ nhất nên chọn làm  $T_{\text{max}}$  chuyển vào CLOSE

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

Urziceni đi được Bucharest, Vaslui, Hirsova

1. Bucharest:

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

2. Vaslui:

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

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

3. Hirsova:

- $h(\text{Hirsova}) = 0$
- $g(\text{Hirsova}) = g(\text{Urziceni}) + \text{cost}(\text{Urziceni}, \text{Hirsova}) = 503 + 98 = 601$
- $f(\text{Hirsova}) = g(\text{Hirsova}) + h(\text{Hirsova}) = 601 + 0 = 601$
- $\text{father}(\text{Hirsova}) = \text{Urziceni}$

Bucharest đã có trong CLOSE và  $g_{\text{new}}(\text{Bucharest}) = 588 > g_{\text{old}}(\text{Bucharest}) = 418$  nên không cập nhật Bucharest. Vaslui và Hirsova chưa có trong OPEN/CLOSE nên thêm vào OPEN.

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

Oradea và Craiova có cùng  $f$ , lấy trước Oradea làm  $T_{\text{max}}$  cho vào CLOSE

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

Oradea đi được Zerin và Sibiu

1. Zerind:

- $h(\text{Zerind}) = 347$
- $g(\text{Zerind}) = g(\text{Oradea}) + \text{cost}(\text{Oradea}, \text{Bucharest}) = 146 + 71 = 217$
- $f(\text{Zerind}) = g(\text{Zerind}) + h(\text{Zerind}) = 217 + 347 = 564$
- $\text{father}(\text{Zerind}) = \text{Oradea}$

2. Sibiu:

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

- $g(\text{Sibiu}) = g(\text{Oradea}) + \text{cost}(\text{Oradea}, \text{Vaslui}) = 146 + 151 = 297$
- $f(\text{Sibiu}) = g(\text{Sibiu}) + h(\text{Sibiu}) = 297 + 253 = 550$
- $\text{father}(\text{Sibiu}) = \text{Oradea}$

Cả Zerind và Oradea đều có trong CLOSE và  $g_{\text{new}} > g_{\text{old}}$  nên không cập nhật lại

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

Lấy ra Craiova có  $f$  nhỏ nhất làm  $T_{\text{max}}$  và đưa vào CLOSE

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

Crainova đi qua được Drobeta, R.Vilcea, Pitesti

1. Drobeta:

- $h(\text{Drobeta}) = 242$
- $g(\text{Drobeta}) = g(\text{Craiova}) + \text{cost}(\text{Craiova}, \text{Drobeta}) = 366 + 120 = 486$
- $f(\text{Drobeta}) = g(\text{Drobeta}) + h(\text{Drobeta}) = 486 + 242 = 728$
- $\text{father}(\text{Drobeta}) = \text{Craiova}$

2. R.Vilcea:

- $h(\text{R.Vilcea}) = 193$
- $g(\text{R.Vilcea}) = g(\text{Craiova}) + \text{cost}(\text{Craiova}, \text{R.Vilcea}) = 366 + 146 = 512$
- $f(\text{R.Vilcea}) = g(\text{R.Vilcea}) + h(\text{R.Vilcea}) = 512 + 193 = 705$
- $\text{father}(\text{R.Vilcea}) = \text{Craiova}$

3. Pitesti:

- $h(\text{Pitesti}) = 100$
- $g(\text{Pitesti}) = g(\text{Crainova}) + \text{cost}(\text{Crainova}, \text{Pitesti}) = 366 + 138 = 504$
- $f(\text{Pitesti}) = g(\text{Pitesti}) + h(\text{Pitesti}) = 504 + 100 = 604$
- $\text{father}(\text{Pitesti}) = \text{Crainova}$

Cả Sibiu và Pitesti đều có trong CLOSE và  $g_{\text{new}} > g_{\text{old}}$  nên không cập nhật lại, Drobeta chưa có trong OPEN/CLOSE nên thêm vào OPEN.

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

Mehadia có  $f$  nhỏ nhất nên chọn làm  $T_{\text{max}}$  và đưa vào CLOSE

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

Mehadia đi qua Lugoj và Drobeta

1. Lugoj:

- $h(\text{Lugoj}) = 244$
- $g(\text{Lugoj}) = g(\text{Mehadia}) + \text{cost}(\text{Mehadia}, \text{Lugoj}) = 299 + 70 = 369$
- $f(\text{Lugoj}) = g(\text{Lugoj}) + h(\text{Lugoj}) = 369 + 244 = 613$
- $\text{father}(\text{Lugoj}) = \text{Mehadia}$

2. Drobeta:

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

- $g(\text{Drobeta}) = g(\text{Mehadia}) + \text{cost}(\text{Mehadia}, \text{Drobeta}) = 299 + 75 = 374$
- $f(\text{Drobeta}) = g(\text{Drobeta}) + h(\text{Drobeta}) = 374 + 242 = 616$
- $\text{father}(\text{Drobeta}) = \text{Mehadia}$

Lugoj có trong CLOSE và  $g_{\text{new}} > g_{\text{old}}$  nên không cập nhật. Drobeta có trong OPEN và  $g_{\text{new}} < g_{\text{old}}$  nên cập nhật lại Drobeta

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

Giurgiu có  $f$  nhỏ nhất nên chọn làm  $T_{\text{max}}$  và chuyển sang CLOSE

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

Giurgiu đi qua Bucharest:

- $h(\text{Bucharest}) = 77$
- $g(\text{Bucharest}) = g(\text{Giurgiu}) + \text{cost}(\text{Giurgiu}, \text{Bucharest}) = 508 + 90 = 598$
- $f(\text{Bucharest}) = g(\text{Bucharest}) + h(\text{Bucharest}) = 598 + 77 = 675$

Bucharest có trong CLOSE và  $g_{\text{new}} > g_{\text{old}}$  nên không cập nhật.

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

Hirsova có f nhỏ nhất nên  $T_{max} = Hirsova$ . Đồng thời nó cũng là trạng thái đích ta cần tìm, ta bỏ Hirsova vào CLOSE và kết thúc chương trình

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

Vậy đường đi của thuật toán A\* là : Arad -> Sibiu -> R.Vilcea -> Pitesti -> Bucharest -> Urziceni -> Hirsova.

## II. Cài đặt thuật toán

Chương trình không có lỗi nào

Các kết quả của thuật toán cho ra giống với kết quả chạy tay

Ảnh Console

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', 'Sibiu', 'Fagaras', 'Bucharest', 'Urziceni', 'Hirsova']  
 ASTAR -> ['Arad', 'Sibiu', 'Rimnicu\_Vilcea', 'Pitesti', 'Bucharest', 'Urziceni', 'Hirsova']

Ảnh Plot đường đi

