Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông
Khoa Công nghệ thông tin 1

Nhập môn trí tuệ nhân tạo

452357486

Tìm kiếm có thông tin (Informed search)

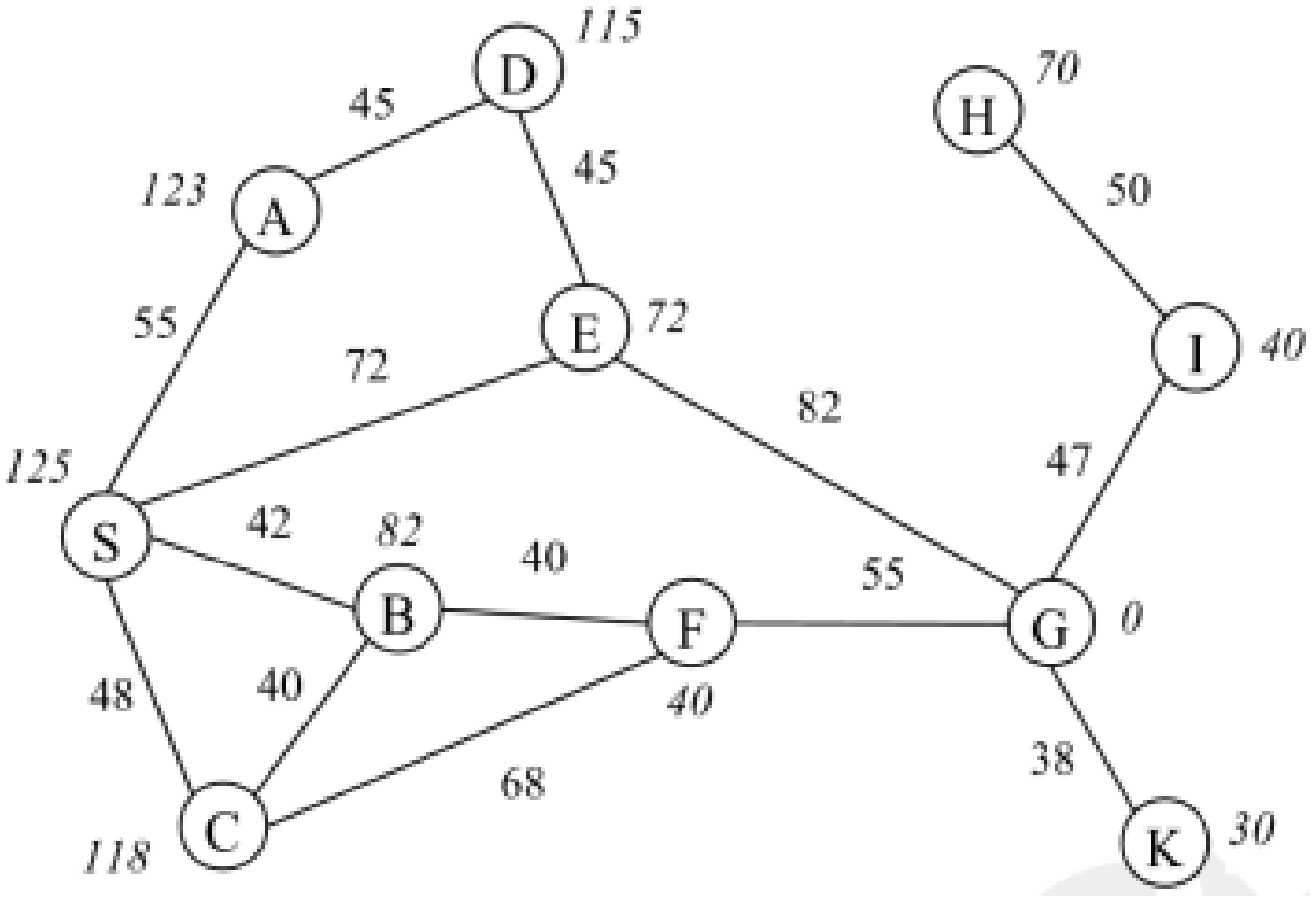
Tìm kiếm mù và Tìm kiếm có thông tin

- Tìm kiếm mù
  - Mở rộng các nút tìm kiếm theo một quy luật có trước, không dựa vào thông tin hỗ trợ của bài toán
  - Di chuyển trong không gian trạng thái không có định hướng, phải xét nhiều trạng thái
  - Không phù hợp trong các bài toán có không gian trạng thái lớn
- Tìm kiếm có thông tin
  - Sử dụng thông tin phụ từ bài toán để định hướng tìm kiếm
  - Sử dụng một hàm *f(n)* đánh giá độ "tốt" tiềm năng của nút *n*, từ đó chọn nút tốt nhất để mở rộng trước
    - Tìm kiếm tốt nhất đầu tiên (best-first search)
    - *Xây dựng hàm f(n) thế nào?*

Nội dung

- Tìm kiếm tham lam (greedy search)
- Thuật toán A^*
- Các hàm heuristic
- Các thuật toán A^* sâu dần (IDA^*)

Ví dụ đồ thị cho bài toán tìm kiếm



Tìm kiếm tham lam

- **Phương pháp**: mở rộng nút có giá thành đường đi tới đích nhỏ nhất trước
  - $f(n) = h(n)$: hàm heuristic ước lượng giá thành đường đi từ n tới đích
  - Ví dụ: $h(n)$ = đường chim bay từ n tới đích

- "Tham lam": Chọn nút trông có vẻ tốt nhất để mở rộng, không quan tâm tới tương lai

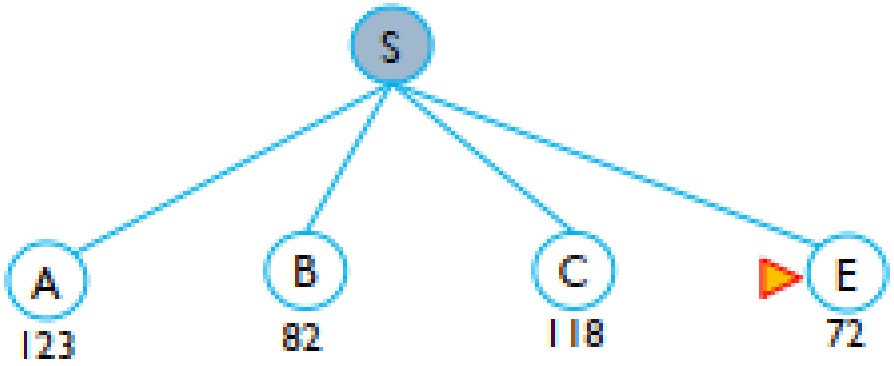
Tìm kiếm tham lam

- Hàm heuristic được xây dựng dựa trên thông tin có được về bài toán. Hàm này phải thoả mãn hai điều kiện: thứ nhất, đây là hàm không âm ($h(n) \geq 0$); thứ haii, nếu n là đích thì $h(n)=0$.
- **Tìm kiếm tham lam** sử dụng hàm heuristic h(n) để ước lượng khoảng cách các nút tới đích và thuật toán luôn mở rộng nút n có hàm h(n) nhỏ nhất trong số các nút biên.

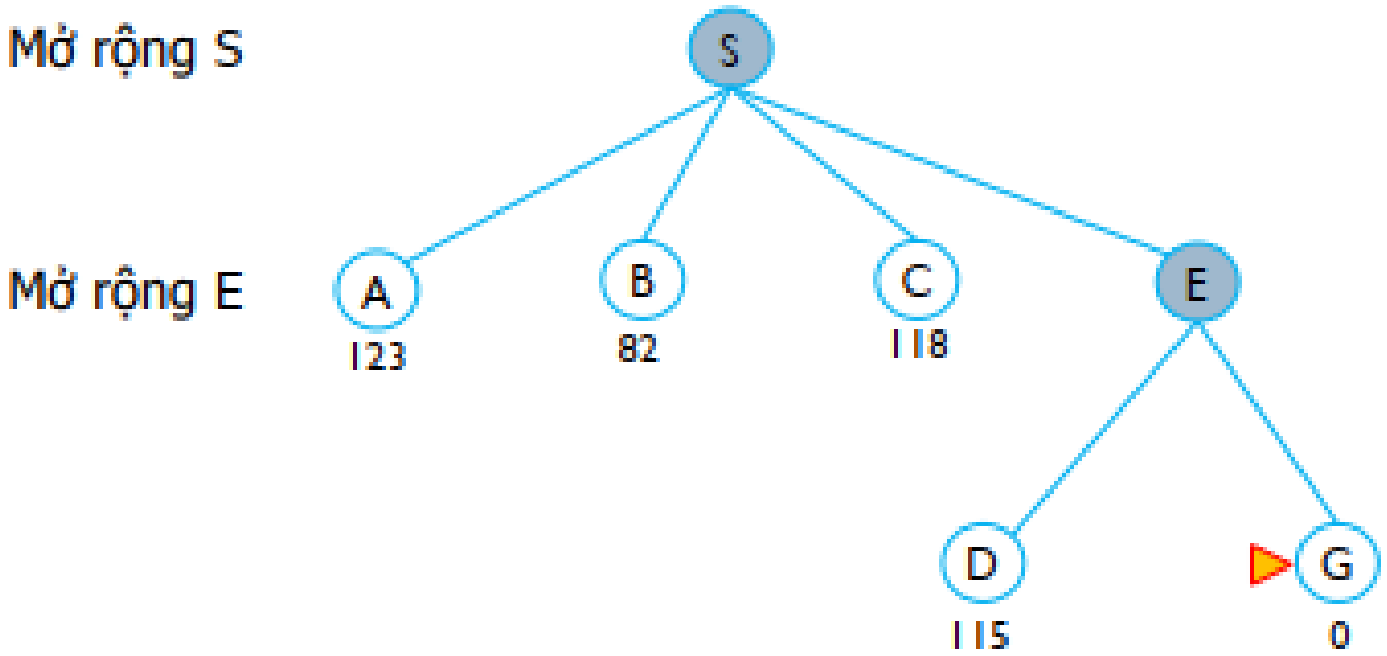
Ví dụ tìm kiếm tham lam (1/4)

Ví dụ tìm kiếm tham lam (2/4)

Mở rộng S



Ví dụ tìm kiếm tham lam (3/4)

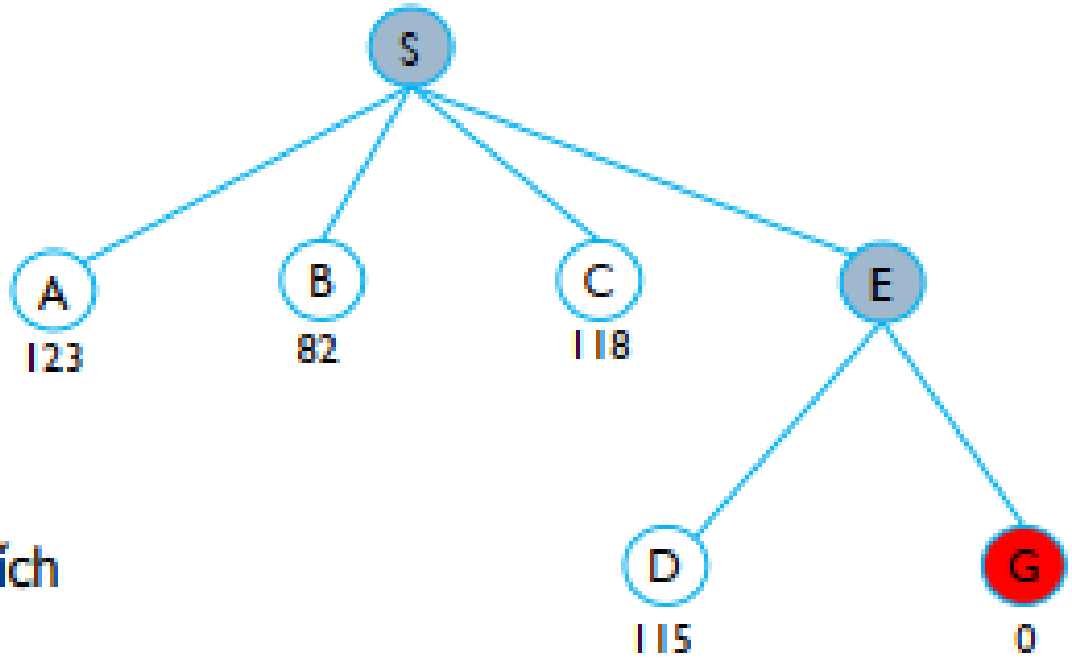


Ví dụ tìm kiếm tham lam (4/4)

Mở rộng S

Mở rộng E

Mở rộng G: Đích

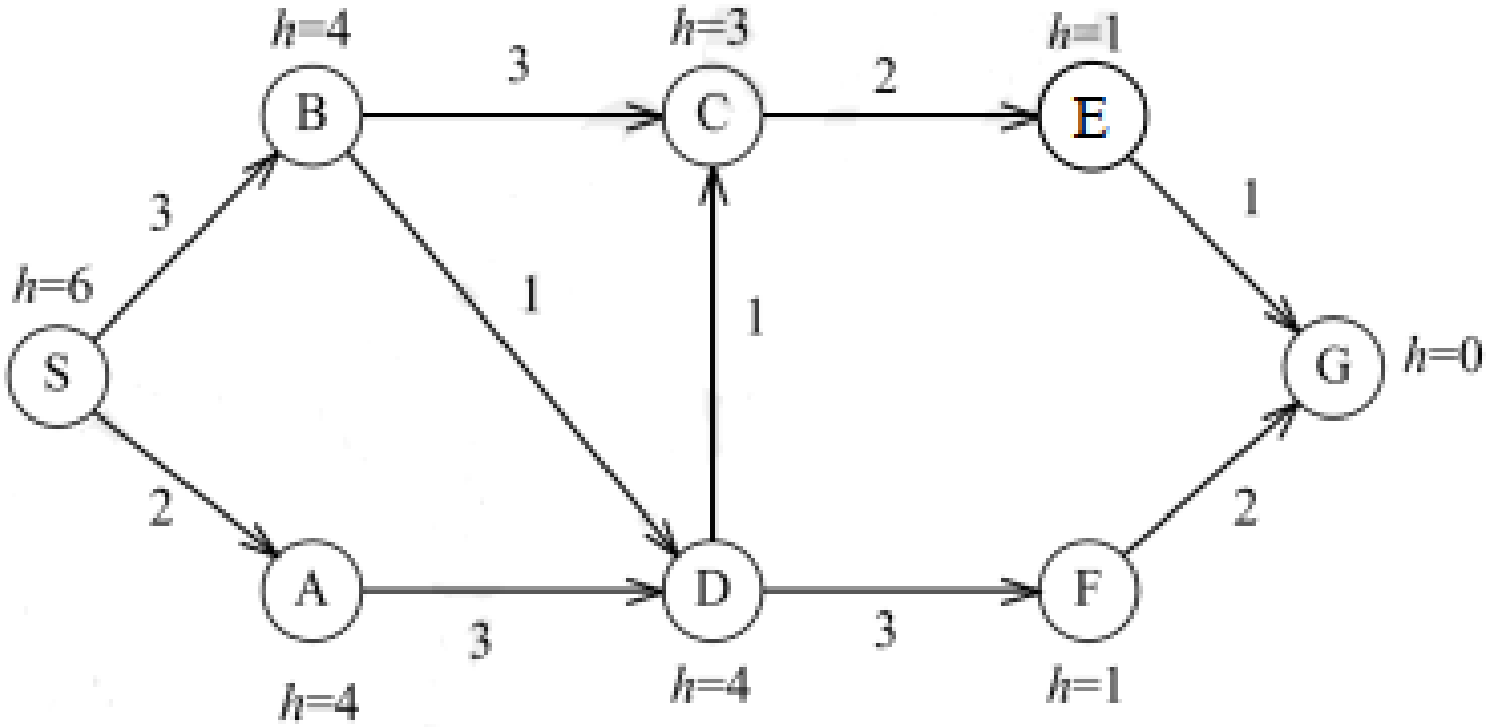


Tính chất của tìm kiếm tham lam

- Đầy đủ?
  - Không (có thể tạo thành vòng lặp, hoặc có nhánh gồm vô hạn nút có giá trị hàm h nhỏ nhưng không dẫn tới đích)
- Tối ưu?
  - Không
- Thời gian?
  - $O(b^m)$
  - Nếu hàm heuristic tốt, thuật toán có thể sẽ nhanh hơn rất nhiều
- Bộ nhớ?
  - $O(b^m)$: lưu tất cả các nút trong bộ nhớ
  - Nếu hàm heuristic tốt, số nút cần lưu có thể giảm đi rất nhiều

Bài tập 1

- Sử dụng thuật toán tìm kiếm tham lam tìm đường đi từ S tới G?



(Phuong TM, 2016)

Nội dung

- Tìm kiếm tham lam (greedy search)
- Thuật toán A^*
- Các hàm heuristic
- Các thuật toán A^* sâu dần (IDA^*)

Thuật toán A^*: ý tưởng

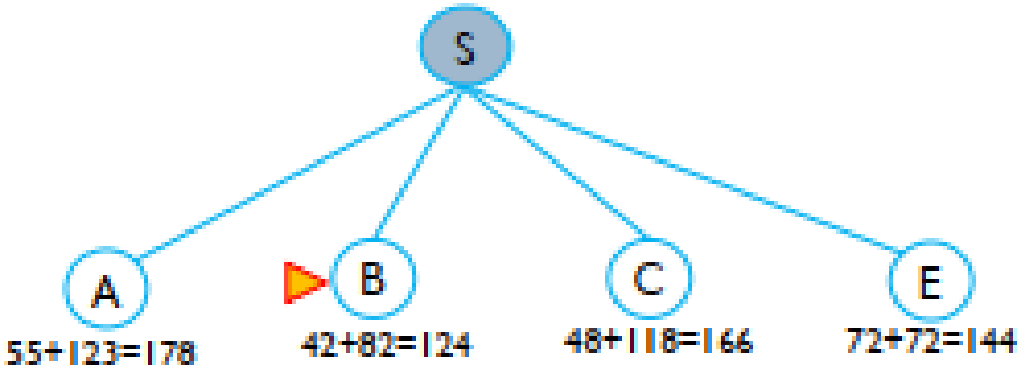
- Khắc phục nhược điểm của tìm kiếm tham lam
  - Tham lam: chỉ quan tâm tới đường đi tới đích
  - A*: quan tâm cả đường đi từ điểm xuất phát tới nút đang xét
    - Không mở rộng đường đi có giá thành lớn

- **Phương pháp**: $f(n) = g(n) + h(n)$
  - $g(n)$: giá thành đường đi từ điểm xuất phát tới nút n
  - $h(n)$: hàm heuristic ước lượng giá thành đường đi từ n tới đích
  - $f(n)$: ước lượng giá thành đường đi từ điểm xuất phát, qua n, tới đích

Ví dụ thuật toán A^* (1/5)

Ví dụ thuật toán A^* (2/5)

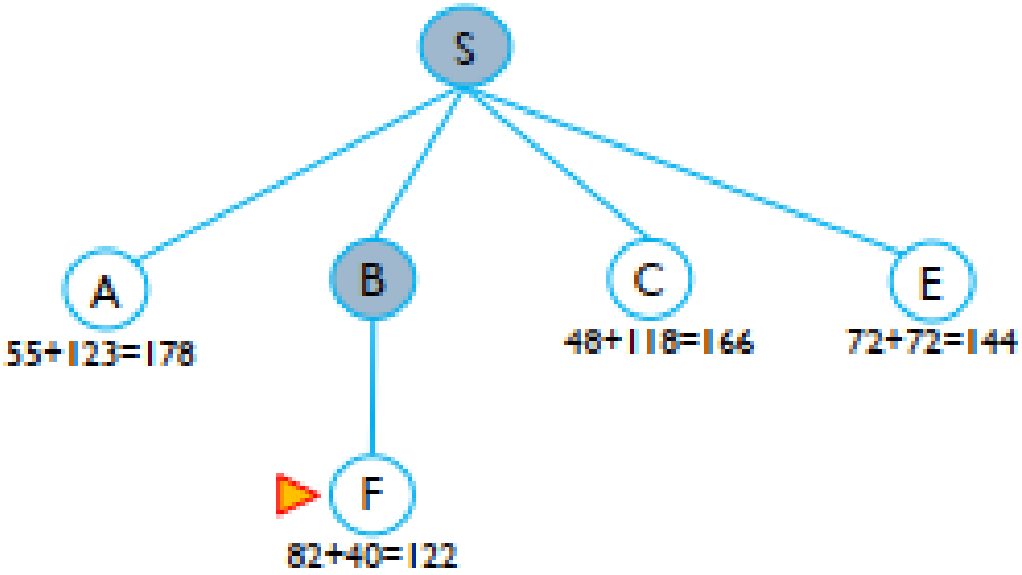
Mở rộng S



Ví dụ thuật toán A^* (3/5)

Mở rộng S

Mở rộng B

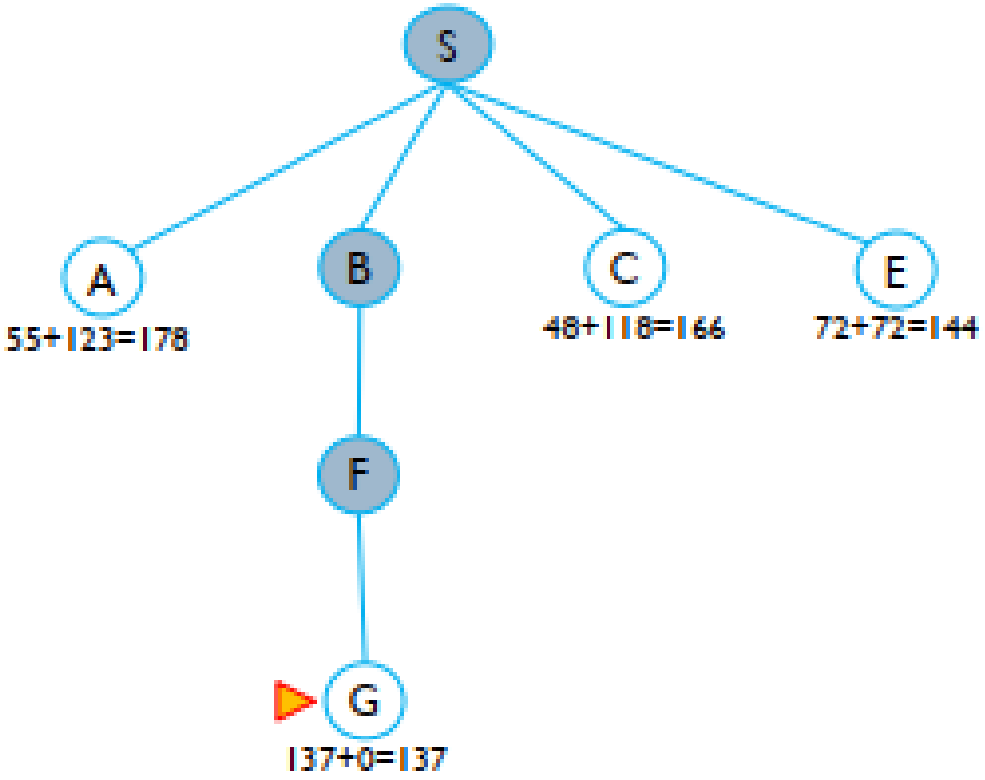


Ví dụ thuật toán A^* (4/5)

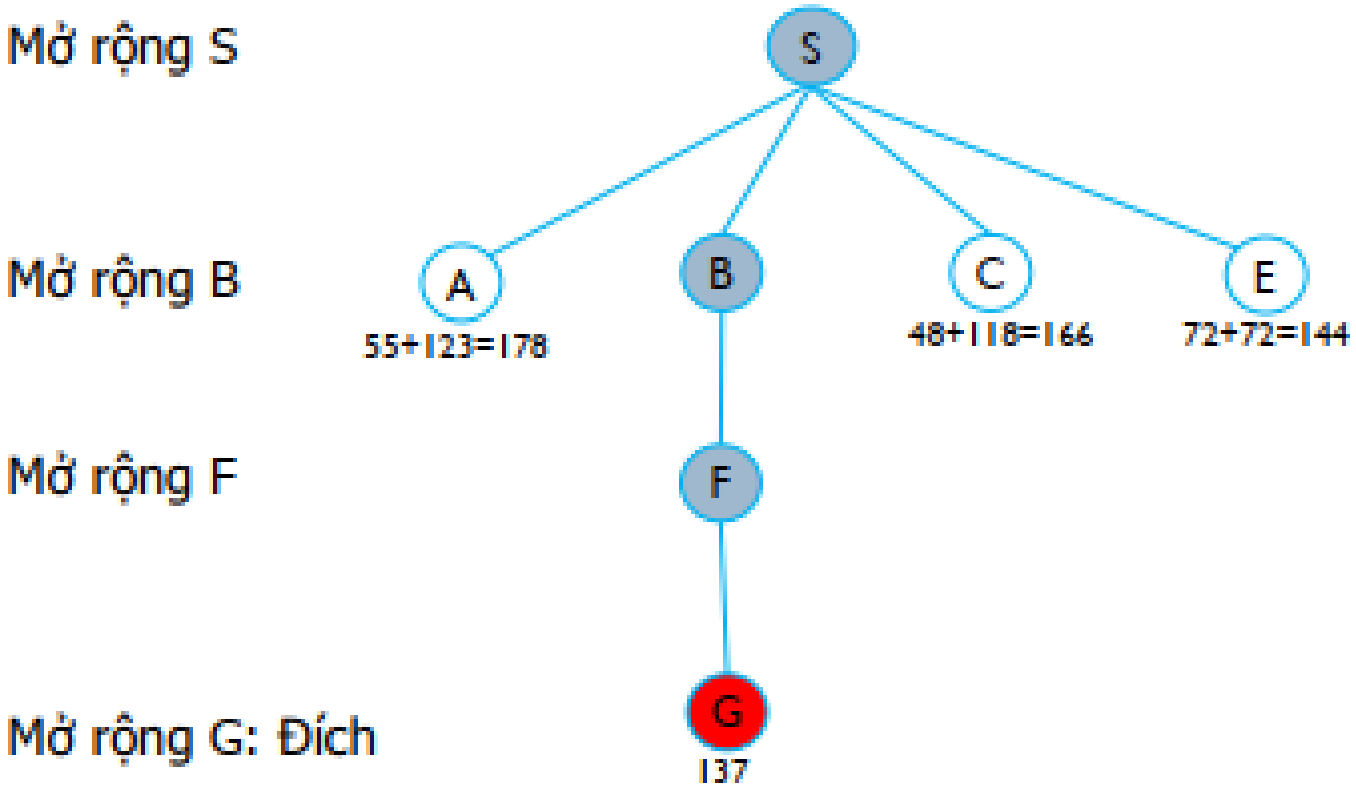
Mở rộng S

Mở rộng B

Mở rộng F



Ví dụ thuật toán A^* (5/5)



Thuật toán A^*

$A*(Q, S, G, P, c, h)$

(Q: không gian trạng thái, S: trạng thái bắt đầu, G: đích, P: hành động, c: giá, h: heuristic)

Đầu vào: bài toán tìm kiếm, hàm heuristic h

Đầu ra: đường tới nút đích

Khởi tạo: tập các nút biên (nút mở) $O = S$

while $(O \neq \emptyset)$ **do**

1. lấy nút n có $f(n)$ là nhỏ nhất khỏi O
2. **if** $n \in G$, **return** (đường đi tới n)
3. với mọi $m \in P(n)$
   a) $g(m) = g(n) + c(n, m)$
   b) $f(m) = g(m) + h(m)$
   c) thêm m vào O cùng với giá trị $f(m)$

return không tìm được đường đi

Tính chất của thuật toán A^*

- Đầy đủ?
  - Có (trừ khi có vô số nút n với $f(n) \leq f(G)$)
- Tối ưu?
  - Có (nếu hàm heuristic là *chấp nhận được*)
- Thời gian?
  - $O(b^m)$
  - Nếu hàm heuristic tốt, thuật toán có thể sẽ nhanh hơn rất nhiều
- Bộ nhớ?
  - $O(b^m)$: lưu tất cả các nút trong bộ nhớ
  - Nếu hàm heuristic tốt, số nút cần mở rộng có thểm giảm đi rất nhiều

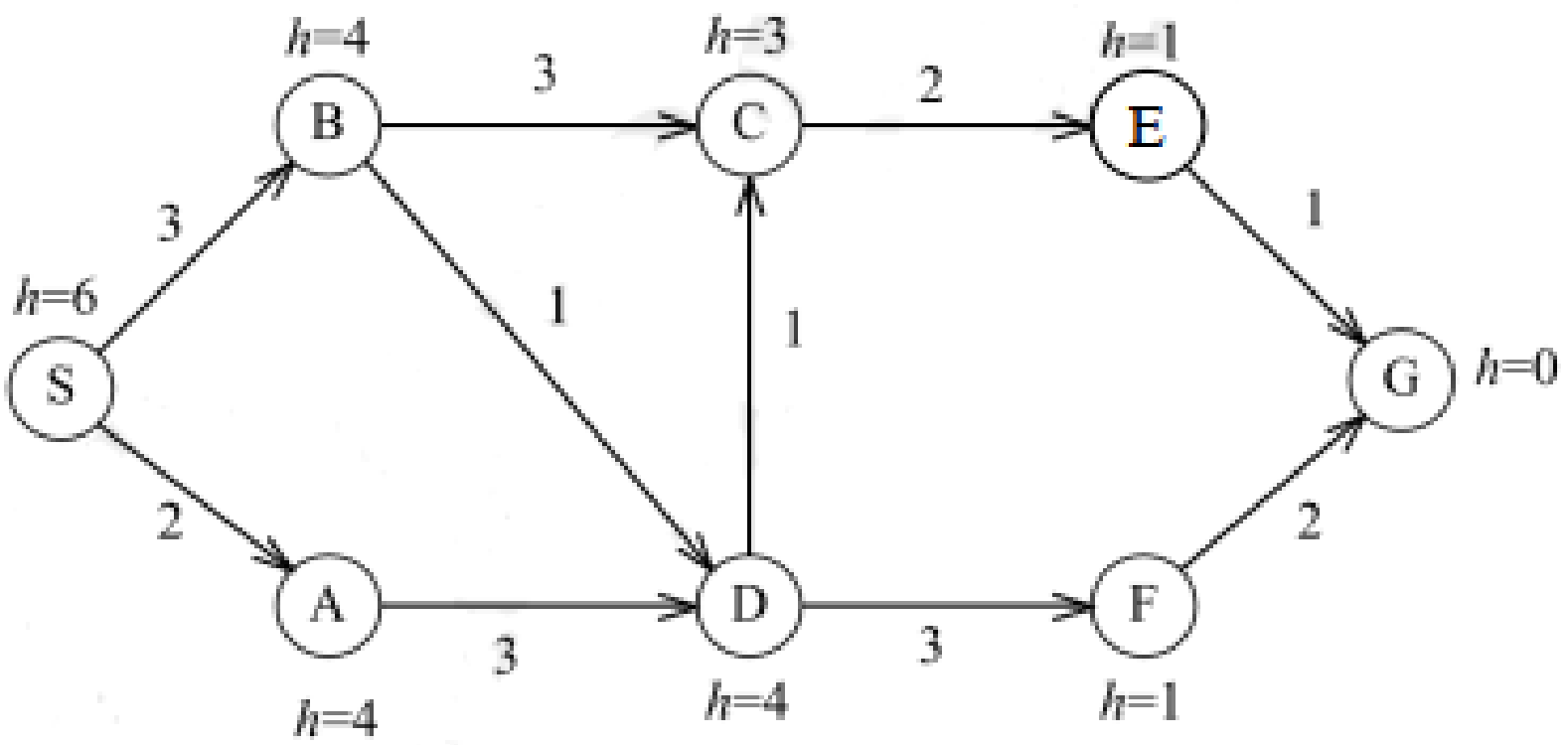
Tính tối ưu của thuật toán A^*

- Hàm heuristic chấp nhận được
  - Mọi nút n thì $h(n) \leq h^*(n)$, với $h^*(n)$ là giá thành thực để đi từ n tới đích
  - Ví dụ: hàm heuristic đo khoảng cách đường chim bay là chấp nhận được

- **Định lý**: Thuật toán A* sẽ cho kết quả tối ưu nếu $h(n)$ là hàm chấp nhận được

Bài tập 2

- Sử dụng thuật toán tìm kiếm A* tìm đường đi từ *S* tới *G*?



(Phuong TM, 2016)

Nội dung

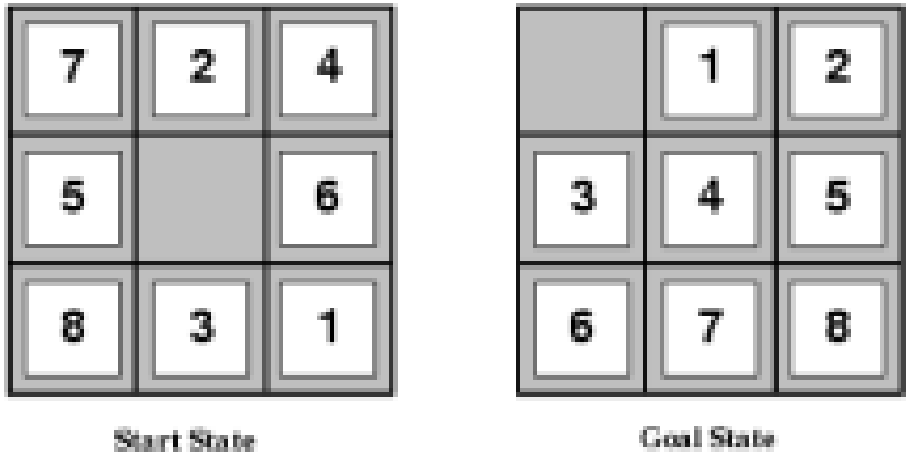
- Tìm kiếm tham lam (greedy search)
- Thuật toán A^*
- Các hàm heuristic
- Các thuật toán A^* sâu dần (IDA^*)

Các hàm heuristic

- Các hàm heuristic được xây dựng tùy vào từng bài toán cụ thể
  - Một bài toán có thể có nhiều hàm heuristic
  - Chất lượng hàm heuristic ảnh hưởng rất nhiều tới quá trình tìm kiếm

- Hàm heuristic trội
  - Nếu $h_1(n)$ và $h_2(n)$ là 2 hàm heuristic chấp nhận được thỏa mãn $h_1(n) \leq h_2(n)$ với mọi nút n, thì h_2 trội hơn (tốt hơn) h_1

Các hàm heuristic



- $h_1(n)$: số ô đặt sai chỗ
  - $h_1(S) = 8$
- $h_2(n)$: tổng khoảng cách Manhattan
  - $h_2(S) = 3 + 1 + 2 + 2 + 2 + 3 + 3 + 2 = 18$

Nội dung

- Tìm kiếm tham lam (greedy search)
- Thuật toán A^*
- Các hàm heuristic
- Thuật toán A^* sâu dần (IDA^*)

Thuật toán A^* sâu dần (IDA^*)

- **Mục tiêu:** giải quyết vấn đề bộ nhớ trong tìm kiếm A*
- **Phương pháp**: lặp lại việc tìm kiếm theo chiều sâu trên các cây tìm kiếm con có giá trị hàm $f(n)$ không lớn hơn một ngưỡng
  - Giá trị ngưỡng được tăng dần sau mỗi vòng lặp, để mỗi vòng lặp có thể xét thêm các nút mới

Thuật toán IDA^*

$IDA^*(Q, S, G, P, c, h)$

Đầu vào: bài toán tìm kiếm, hàm heuristic h

Đầu ra: đường đi ngắn nhất từ nút xuất phát đến nút đích

Khởi tạo: danh sách các nút biên (nút mở) $O \leftarrow S$

giá trị $i \leftarrow 0$ là ngưỡng cho hàm f

while (1) **do**

1. **while** ($O \neq \emptyset$) **do**

   a) lấy nút n từ đầu O

   b) **if** n thuộc G, **return** (đường đi tới n)

   c) với mọi $m \in P(n)$

      i) $g(m) = g(n) + c(m, n)$

      ii) $f(m) = g(m) + h(m)$

      iii) **if** $f(m) \leq i$ **then** thêm m vào đầu O

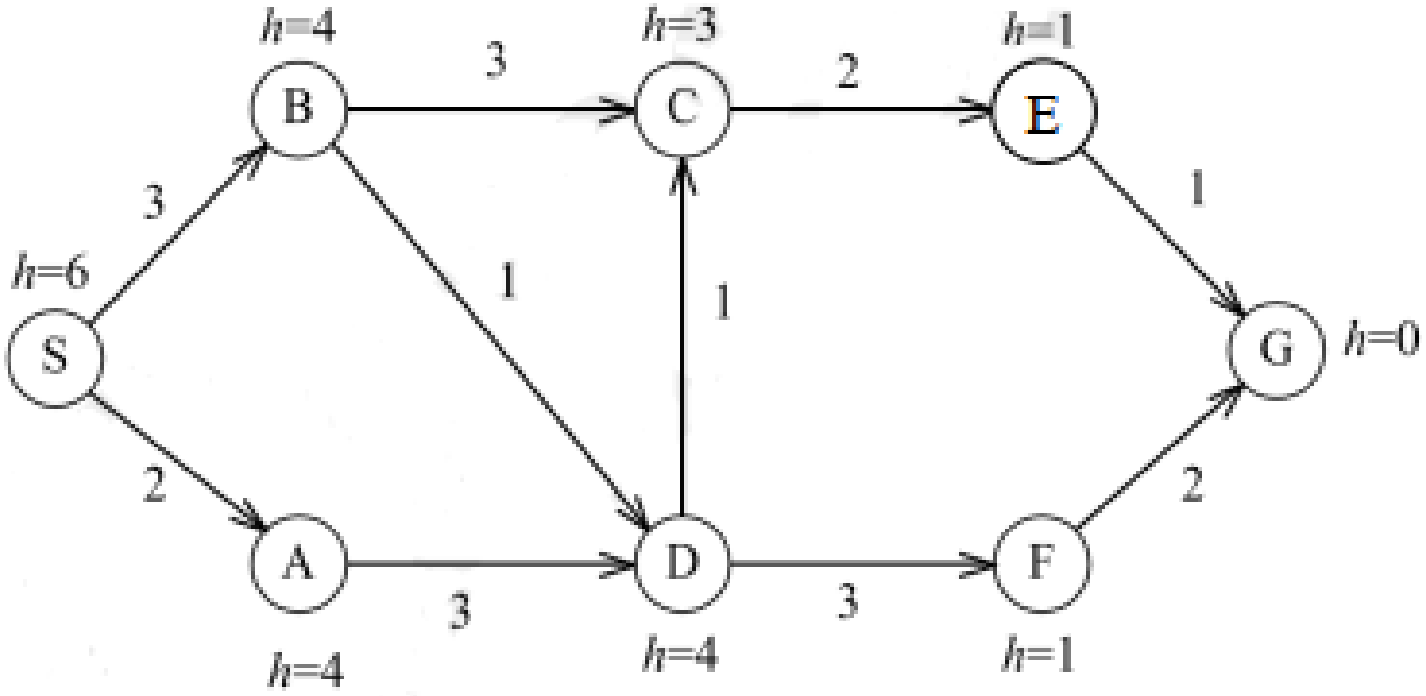
2. $i \leftarrow i + \beta, O \leftarrow S$

Tính chất của IDA^*

- Đầy đủ?
  - Có
- Tối ưu?
  - β-tối ưu (giá thành của lời giải tìm được không vượt quá β so với giá thành của lời giải tối ưu)
- Thời gian?
  - Độ phức tạp tính toán lớn hơn thuật toán A*
- Bộ nhớ?
  - Yêu cầu bộ nhớ tuyến tính

Bài tập 3

- Sử dụng thuật toán tìm kiếm A* sâu dần tìm đường đi từ S tới G, cho biết bước nhảy $\beta = 2$?



(Phuong TM, 2016)

Khi nào đưa nút lặp vào danh sách

- Tham lam
  - **Không**: Việc đưa vào không làm thay đổi thuật toán (có thể dẫn đến vòng lặp)
- A*
  - Trong trường hợp nút lặp có giá thành (chi phí) tốt hơn, nó sẽ được đưa lại danh sách (nếu đã phát triển rồi) hoặc cập nhật thay nút cũ có giá thành kém hơn (nếu đang trong danh sách)
- IDA*:
  - **Có**