

Introdução à Inteligência Artificial

Licenciatura em Engenharia Informática, Engenharia Informática – Pós Laboral e
Engenharia Informática – Curso Europeu
2º Ano – 1º semestre
Aulas Laboratoriais

Ficha 6: Pesquisa no espaço de estados

I. Aplicação de Métodos de Pesquisa

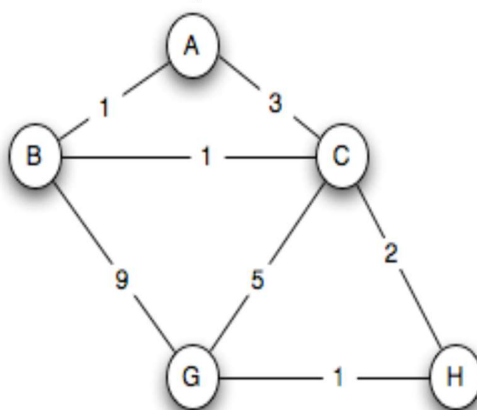


Figura 1 – Grafo com ligações e respetivos custos.

1. No grafo que se apresenta na figura 1, todas as ligações existentes podem ser percorridas nos dois sentidos e os custos das ligações são os números que aparecem entre os nodos. Pretende-se encontrar o caminho mais curto entre A e G, sabendo que uma função heurística foi aplicada a cada um dos nós, cujas estimativas produzidas são as seguintes: $h(A)=5$, $h(B)=4$, $h(C)=1$, $h(G)=0$ e $h(H)=1$. Considere ainda que:

- Existe um mecanismo que deteta os ciclos ao longo de um caminho (ou seja, evita ciclos);
- Em caso de empate os nós são expandidos por ordem alfabética.

Sendo assim, responda às seguintes questões:

- Apresente a árvore de pesquisa gerada pelo método de pesquisa em profundidade e especifique qual a solução proposta por este algoritmo;
- Apresente a árvore de pesquisa gerada pelo método de pesquisa em largura e especifique qual a solução proposta por este algoritmo;
- Apresente a árvore de pesquisa gerada pelo método de pesquisa sôfrega e especifique qual a solução proposta por este algoritmo;
- Apresente a árvore de pesquisa gerada pelo método de pesquisa uniforme e especifique qual a solução proposta por este algoritmo;
- Apresente a árvore de pesquisa gerada pelo A* e especifique qual a solução proposta por este algoritmo;

- f) Quantos nós foram expandidos por cada um dos métodos aplicados?
- g) Altere os valores das heurísticas e mostre de que forma é que uma heurística não-admissível pode impedir o A* de encontrar uma solução ótima.

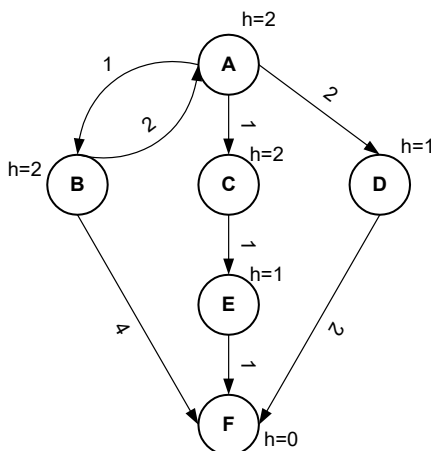


Figura 2 – Grafo com ligações, custos e respetivas heurísticas.

2. As ligações do grafo da figura 2 podem ser percorridas apenas numa direção. Os custos das ligações e as estimativas feitas pela heurística estão indicados na figura 2. Pretende-se encontrar o caminho mais curto entre A e F. Considere ainda que:
- Existe um mecanismo que deteta os ciclos ao longo de um caminho (ou seja, evita ciclos);
 - Em caso de empate os nós são expandidos por ordem alfabética.

Sendo assim, responda às seguintes questões:

- a) Apresente a árvore de pesquisa gerada pelo método de pesquisa em profundidade e especifique qual a solução proposta por este algoritmo;
 - b) Apresente a árvore de pesquisa gerada pelo método de pesquisa em largura e especifique qual a solução proposta por este algoritmo;
 - c) Apresente a árvore de pesquisa gerada pelo método de pesquisa sôfrega e especifique qual a solução proposta por este algoritmo;
 - d) Apresente a árvore de pesquisa gerada pelo método de pesquisa uniforme e especifique qual a solução proposta por este algoritmo;
 - e) Apresente a árvore de pesquisa gerada pelo A* e especifique qual a solução proposta por este algoritmo;
 - f) Quantos nós foram expandidos por cada um dos métodos aplicados?
3. Os custos das ligações estão indicados no grafo da figura 3. As heurísticas de cada nó são: $h(A)=45$, $h(B)=15$, $h(C)=5$, $h(D)=0$, $h(E)=16$, $h(F)=40$. Pretende-se encontrar o caminho mais curto entre A e D.

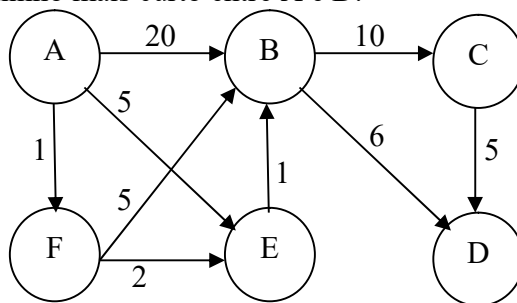


Figura 3 – Grafo com ligações e respetivos custos.

- a) Apresente a árvore de pesquisa completa;

- b) Indique quais as soluções (e os respetivos custos) que são propostas pelos seguintes métodos:
- Pesquisa em profundidade;
 - Pesquisa sôfrega;
 - A*.
4. Considere o seguinte grafo em que as ligações existentes apenas podem ser percorridas numa direção.

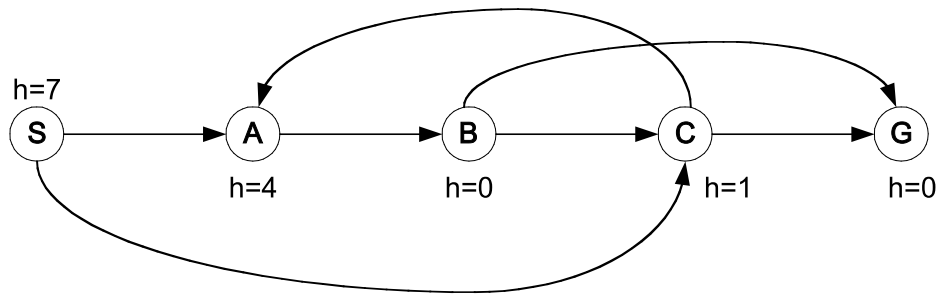


Figura 4 – Grafo com ligações e respetivas heurísticas.

Utilizou-se o A* para encontrar o caminho mais curto entre S e G. Foi adotada a heurística admissível h. Na figura 4 pode confirmar os valores atribuídos por h. Em cada iteração de execução do algoritmo surgiu a lista ordenada dos caminhos parciais que estão a ser expandidos. A ordenação foi feita pelo valor de f do último nó do caminho parcial. Os passos de execução do algoritmo podem ser consultados na lista seguinte:

- $\{(S), f(S)=7\}$;
- $\{(S,A), f(A)=5\}, \{(S,C), f(C)=5\}$;
- $\{(S,A,B), f(B)=2\}, \{(S,C), f(C)=5\}$;
- $\{(S,A,B,C), f(C)=4\}, \{(S,C), f(C)=5\}, \{(S,A,B,G), f(G)=10\}$;
- $\{(S,C), f(C)=5\}, \{(S,A,B,C,G), f(G)=7\}, \{(S,A,B,G), f(G)=10\}$;
- $\{(S,A,B,C,G), f(G)=7\}, \{(S,C,G), f(G)=8\}, \{(S,C,A), f(A)=9\}, \{(S,A,B,G), f(G)=10\}$;
- Pesquisa termina.

Determine o custo de cada ligação entre dois nós do grafo, considerando que:

- Existe um mecanismo de deteção de ciclos nos caminhos gerados;
- Em caso de empate, os nós são expandidos por ordem alfabética.

II. Definição de Heurísticas

- Uma marca de bicicletas possui 3 lojas para venda nos seguintes locais: Porto, Lisboa e Coimbra. Possui ainda 2 fábricas localizadas em Viseu e Castelo Branco. As lojas necessitam que lhes sejam fornecidas bicicletas. As quantidades solicitadas por cada loja são as seguintes: 325 para o Porto, 300 para Lisboa e 275 para Coimbra. A quantidade pronta a ser distribuída nas fábricas é a seguinte: 350 bicicletas concluídas em Viseu e 625 em Castelo Branco. Os custos para transportar uma bicicleta de uma fábrica para uma determinada loja estão especificados na seguinte matriz de custos (custos de transporte para uma bicicleta):

| | Porto | Lisboa | Coimbra |
|----------------|-------|--------|---------|
| Viseu | 2.5 | 1.7 | 1.8 |
| Castelo Branco | 2.2 | 1.8 | 1.4 |

Pretende-se satisfazer as necessidades das 3 lojas com as quantidades em stock existentes nas fábricas. O problema consiste em determinar que fábrica abastece cada uma das lojas. A solução deve garantir que o custo total de transporte das bicicletas seja mínimo.

Considerando que cada loja recebe toda a mercadoria de uma só fábrica, responder às seguintes alíneas, justifique convenientemente as suas propostas:

- a) Apresente propostas para as seguintes componentes:
 - i. Caracterização de um estado, estado inicial e teste para detetar estados finais;
 - ii. Operadores de mudança de estado e custo associado.
 - b) Apresente a árvore de pesquisa gerada pelo método de pesquisa em profundidade e indique qual a solução proposta;
 - c) Proponha uma heurística admissível para o problema;
 - d) Apresente a árvore de pesquisa gerada pelo método de pesquisa sôfrega e indique qual a solução proposta;
 - e) Apresente a árvore de pesquisa gerada pelo A* e indique qual a solução proposta.
2. Considere que existe uma grelha 4×4 com 4 veículos na primeira linha, identificados pelas letras A, B, C, D. Os veículos devem mover-se até à última linha, garantindo que a ordem fica invertida (o veículo D fica na primeira coluna, o C fica na segunda e assim sucessivamente).

| | | | |
|---|---|---|---|
| A | B | C | D |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

→

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| D | C | B | A |

As ações legais envolvem a movimentação de um veículo para uma das 4 células adjacentes (cima, baixo, esquerda, direita). Não é possível ultrapassar a fronteira, nem ter 2 veículos a ocupar o mesmo local. Se uma célula adjacente da posição atual se encontrar ocupada, o veículo pode saltar por cima para a posição imediatamente a seguir. Todas as ações têm custo unitário e o objetivo é atingir o estado final no menor número possível de movimentos. O algoritmo A* vai ser utilizado para encontrar uma solução.

- a) Qual o fator de ramificação máximo neste problema? Justifique a sua resposta;
 - b) Apresente uma estimativa para a profundidade esperada da árvore gerada pelo A*. Justifique a sua resposta;
 - c) Proponha uma heurística admissível para o problema;
 - d) Expanda 10 nós da árvore de pesquisa gerada pelo A*.
3. Considere um sistema de N elevadores num prédio de 101 pisos (R/C + 100 andares). Estes elevadores pertencem a 3 grupos:
- i. Os elevadores do grupo A só param de 20 em 20 andares (i.e., em 0, 20, 40...);
 - ii. Os elevadores do grupo B só param de 10 em 10 andares;
 - iii. Os elevadores do grupo C param em todos os andares.

Além disso, os elevadores do grupo A viajam à velocidade v , os do grupo B à velocidade $v/2$ e os do grupo C à velocidade $v/4$. Pretende implementar-se um sistema que, baseado na pesquisa A*, encontre o trajeto de tempo mínimo entre quaisquer 2 pisos. Para simplificar o problema, considere que o tempo de espera de mudança de elevador em qualquer piso é desprezível (ou seja, pode assumir

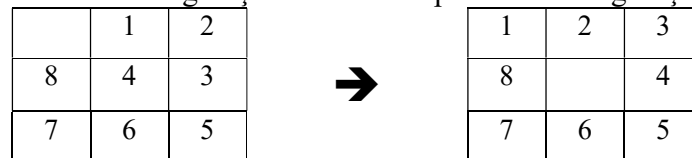
que o elevador desejado está sempre disponível e que o tempo que demora uma mudança entre elevadores é nulo).

- Quais os operadores que devem ser considerados para efeito de geração dos sucessores de um estado?
- Sugira, justificando, uma heurística admissível para este problema;
- Apresente a árvore de pesquisa gerada pela pesquisa sôfrega para uma viagem entre o R/C e o 19º andar;
- Apresente a árvore de pesquisa gerada pelo A* para a mesma viagem;
- Apresente um exemplo que mostre que a pesquisa sôfrega não é um método ótimo.

III. Resolução do Problema Puzzle-8

O problema do puzzle-8 joga-se num tabuleiro com 9 posições. Existem 8 peças que devem ser colocadas numa determinada configuração através da aplicação de uma sequência de movimentos simples. Os movimentos válidos consistem em deslocar uma peça para o espaço livre.

Exemplo: Obter a configuração da direita a partir da configuração da esquerda.



- Quais os operadores que devem ser considerados para efeito de geração dos sucessores de um estado? Qual o custo de cada operador?
- Existem duas heurísticas habituais para este problema:
 - H1 (*Tiles Out*): Número de peças fora da posição desejada;
 - H2 (*City Block*): Soma das distâncias de Manhattan entre a posição atual de cada peça e a posição desejada.

As heurísticas H1 e H2 são admissíveis?

- Apresente a árvore de pesquisa gerada pela pesquisa em profundidade para o exemplo indicado em cima;
- Apresente a árvore de pesquisa gerada pela pesquisa sôfrega (heurística H1) para o exemplo indicado em cima;
- Apresente a árvore de pesquisa gerada pelo A* (heurística H1) para o exemplo indicado em cima.