

Inteligência Artificial

Aula 5
Profª Bianca Zadrozny
<http://www.ic.uff.br/~bianca/ia>

Aula 5 - 27/03/2009

Busca com informação e exploração

Capítulo 4 – Russell & Norvig
Seção 4.1

Aula 5 - 27/03/2009

Busca com informação (ou heurística)

- Utiliza conhecimento específico sobre o problema para encontrar soluções de forma mais eficiente do que a busca cega.
 - Conhecimento específico além da definição do problema.
- Abordagem geral: **busca pela melhor escolha**.
 - Utiliza uma função de avaliação para cada nó.
 - Expande o nó que tem a função de avaliação mais baixa.
 - Dependendo da função de avaliação, a estratégia de busca muda.

Aula 5 - 27/03/2009

Busca pela melhor escolha

- Idéia: usar uma **função de avaliação** $f(n)$ para cada nó.
 - **estimativa** do quanto aquele nó é desejável
 - Expandir nó mais desejável que ainda não foi expandido
- **Implementação:**
Ordenar nós na borda em ordem decrescente de acordo com a função de avaliação
- Casos especiais:
 - Busca gulosa pela melhor escolha
 - Busca A*

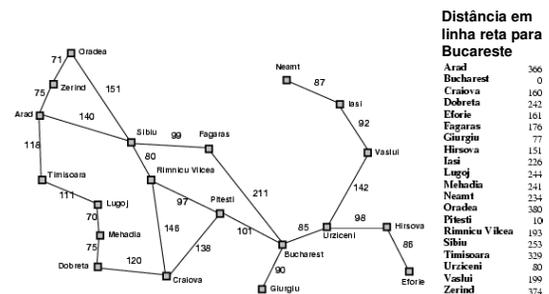
Aula 5 - 27/03/2009

Busca gulosa pela melhor escolha

- Função de avaliação $f(n) = h(n)$ (heurística)
= estimativa do custo de n até o objetivo
ex., $h_{DLR}(n)$ = distância em linha reta de n até Bucareste.
- Busca gulosa pela melhor escolha expande o nó que **parece** mais próximo ao objetivo de acordo com a função heurística.

Aula 5 - 27/03/2009

Romênia com custos em km



Aula 5 - 27/03/2009

Exemplo de busca gulosa pela melhor escolha



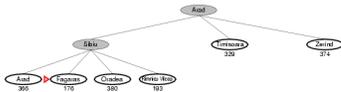
Aula 5 - 27/03/2009

Exemplo de busca gulosa pela melhor escolha



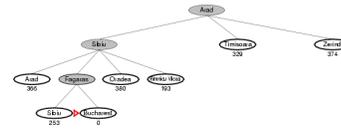
Aula 5 - 27/03/2009

Exemplo de busca gulosa pela melhor escolha



Aula 5 - 27/03/2009

Exemplo de busca gulosa pela melhor escolha



Aula 5 - 27/03/2009

Busca gulosa pela melhor escolha

- Não é ótima, pois segue o melhor passo **considerando somente o estado atual.**
 - Pode haver um caminho melhor seguindo algumas opções piores em alguns pontos da árvore de busca.
- Minimizar $h(n)$ é suscetível a falsos inícios.
 - Ex. Ir de Iasi a Fagras
 - Heurística sugerirá ir a Neamt, que é um beco sem saída.
 - Se repetições não forem detectadas a busca entrará em loop.

Aula 5 - 27/03/2009

Propriedades da busca gulosa pela melhor escolha

- **Completa?** Não – pode ficar presa em loops, ex., Iasi → Neamt → Iasi → Neamt
- **Tempo?** $O(b^m)$ no pior caso, mas uma boa função heurística pode levar a uma redução substancial
- **Espaço?** $O(b^m)$ – mantém todos os nós na memória
- **Ótima?** Não

Aula 5 - 27/03/2009

Busca A*

- Idéia: evitar expandir caminhos que já são caros
- Função de avaliação $f(n) = g(n) + h(n)$
 - $g(n)$ = custo até o momento para alcançar n
 - $h(n)$ = custo estimado de n até o objetivo
 - $f(n)$ = custo total estimado do caminho através de n até o objetivo.

Aula 5 - 27/03/2009

Exemplo de busca A*



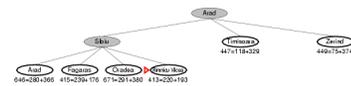
Aula 5 - 27/03/2009

Exemplo de busca A*



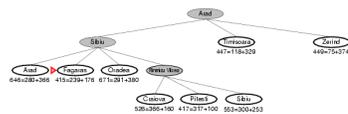
Aula 5 - 27/03/2009

Exemplo de busca A*



Aula 5 - 27/03/2009

Exemplo de busca A*



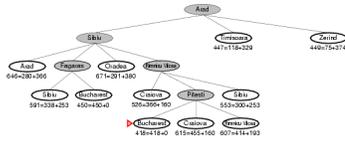
Aula 5 - 27/03/2009

Exemplo de busca A*



Aula 5 - 27/03/2009

Exemplo de busca A*



Aula 5 - 27/03/2009

Heurística Admissível

- Uma heurística $h(n)$ é **admissível** se para cada nó n , $h(n) \leq h^*(n)$, onde $h^*(n)$ é o custo **verdadeiro** de alcançar o estado objetivo a partir de n .
- Uma heurística admissível **nunca superestima** o custo de alcançar o objetivo, isto é, ela é **otimista**.
- Exemplo: $h_{DLR}(n)$ (distância em linha reta nunca é maior que distância pela estrada).
- Teorema:** Se $h(n)$ é admissível, A* usando algoritmo BUSCA-EM-ARVORE é ótima.

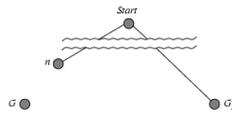
Aula 5 - 27/03/2009

Prova que A* é ótima com heurística admissível

- Assuma um **nó objetivo não-ótimo** G_2 , e seja C^* o custo da solução ótima. Então, como G_2 não é ótimo e $h(G_2) = 0$, sabemos que:

$$f(G_2) = g(G_2) + h(G_2) = g(G_2) > C^*$$

- Considere qualquer nó de borda n que esteja num caminho de solução ótimo. Se $h(n)$ **não superestimar o custo de completar o caminho de solução**, então: $f(n) = g(n) + h(n) \leq C^*$.



Aula 5 - 27/03/2009

Prova que A* é ótima com heurística admissível (cont.)

- Logo, se $f(n) \leq C^* < f(G_2)$, G_2 não será expandido e A* deve retornar uma solução ótima.
- Isso vale para busca em árvore, para outras estruturas de busca pode não valer.
- Na busca em grafos temos que assegurar que o caminho ótimo para qualquer estado repetido seja o primeiro a ser seguido.
 - Requisito extra para $h(n)$: consistência

Aula 5 - 27/03/2009

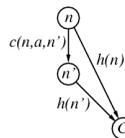
Consistência (ou monotonicidade)

- Uma heurística é **consistente (ou monotônica)** se para cada nó n , cada sucessor n' de n gerado por qualquer ação a ,

$$h(n) \leq c(n, a, n') + h(n')$$

- Se h é consistente, temos $f(n') = g(n') + h(n') = g(n) + c(n, a, n') + h(n') \geq g(n) + h(n) = f(n)$

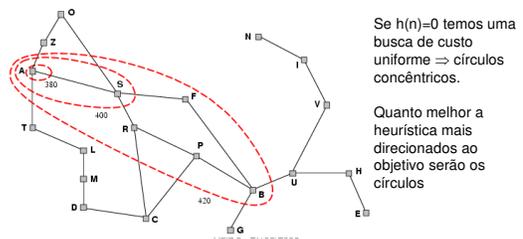
- Isto é, $f(n)$ is não-decrescente ao longo de qualquer caminho.
- Teorema:** Se $h(n)$ is consistente, A* usando BUSCA-EM-GRAFOS é ótima.



Aula 5 - 27/03/2009

A* é ótima com heurística consistente

- A* expande nós em ordem crescente de valores de f .
- Gradualmente adiciona "contornos" de nós.
- Contorno i tem todos os nós com $f=f_i$, onde $f_i < f_{i+1}$



Se $h(n)=0$ temos uma busca de custo uniforme \Rightarrow círculos concêntricos.

Quanto melhor a heurística mais direcionados ao objetivo serão os círculos

Propriedades da Busca A*

- Completa? Sim (a não ser que exista uma quantidade infinita de nós com $f \leq f(G)$)
- Tempo? Exponencial no pior caso
- Espaço? Mantém todos os nós na memória
- Ótima? Sim
- Otimamente eficiente
 - Nenhum outro algoritmo de busca ótimo tem garantia de expandir um número de nós menor que A*. Isso porque qualquer algoritmo que não expande todos os nós com $f(n) < C^*$ corre o risco de omitir uma solução ótima.