

Inteligência Artificial

Buscas

Estratégias de Busca Cega

- Busca em Largura
- Busca de Custo Uniforme
- Busca em Profundidade
- Busca em Profundidade Limitada
- Busca em Profundidade com Aprofundamento Iterativo
- Busca Bidirecional
- Evitando Estados Repetidos
- Busca com Conhecimento Incompleto

Busca com Conhecimento Incompleto

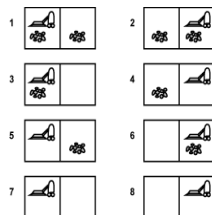
- E se o ambiente **não** for totalmente observável, determinístico e o agente não souber as consequências de suas ações??
- 1. **Problemas conformantes (sem sensores)**: não sabe seu estado inicial e, assim, cada ação poderia levar a muitos estados sucessores.
- 2. **Problemas contingenciais**: quando o ambiente é parcialmente observável ou suas ações possuem incertezas. Se a incerteza é causada por ações de outro agente, é um problema com adversário.
- 3. **Problemas de exploração**: quando os estados e a dinâmica do ambiente são desconhecidos, o agente precisa atuar para descobri-los (caso extremo dos problemas contingenciais).

Problemas Conformantes (sem sensores)

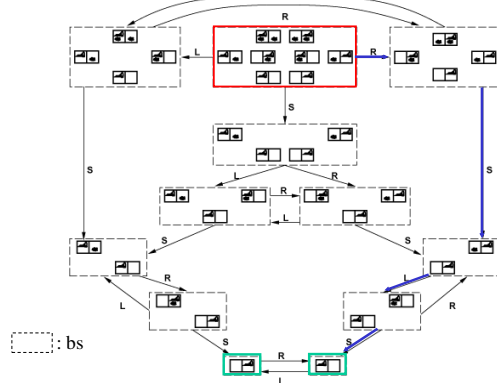
- **Estado de crença (belief state – bs)**: conjunto de estados em que o agente **acredita** estar.
- Busca ocorre no espaço de bs:
 - ações são aplicadas nos bs, gerando bs sucessores (\cup sucessores da ação aplicada a cada estado \in bs)
 - **Solução**: caminho que leva a um bs que só contenha estados-meta
 - Mesmo procedimento para ações não determinísticas

Exemplo com o agente aspirador

- Bs inicial = {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8}
- Se aplicar a=Right em bs, vem:
bs'={2, 4, 6, 8} ...
- Assim, seq=[Right, Suck, Left, Suck] é uma solução!



Espaço de estados do agente aspirador sem sensores



Problemas Contingenciais (1)

incertezas e observabilidade parcial

- Nenhuma sequência fixa de ações garante a solução.
- Muitos problemas reais são contingenciais pois a predição exata é impossível.
- Planejamento condicional:
 - no meio da solução são inseridas ações de sensoriamento que direcionam a execução.
 - A solução normalmente é uma árvore, onde ações são selecionadas em função das contingências sensorizadas.
- Uso de abordagem probabilística

7

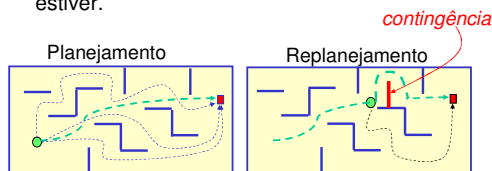
Problemas Contingenciais (2)

- Planejamento contínuo:
 - monitora e atualiza seu modelo do mundo continuamente, mesmo quando em deliberação;
 - assim que tiver um plano parcial, executa; revê metas, inclui novas metas, descarta metas, etc.
 - Projetado para interagir indefinidamente com o ambiente. Também usado em problemas de exploração.

8

Problemas Contingenciais (3)

- Monitoramento da execução e replanejamento:
 - agente planeja uma solução e a executa, monitorando a execução;
 - se ocorrer contingências e o plano precisar ser revisado, o agente replaneja a partir do estado que estiver.



9

Busca Informada

10

Busca Heurística - Informada

- Estratégias de Busca Heurística
 - Usam *conhecimento específico* do problema na busca da solução
 - Mais eficientes que busca não informada
- Algoritmo geral: **Busca pela Melhor Escolha BME (Best-first search)**
 - Seleciona para expansão o nó que tiver o mínimo custo estimado até a meta, segundo uma *função de avaliação* $f(n)$.
 - Tipicamente $f(n)$ usa uma *função heurística* $h'(n)$ que estima o custo da solução a partir de n . Na meta, $h'(n)=0$.

11

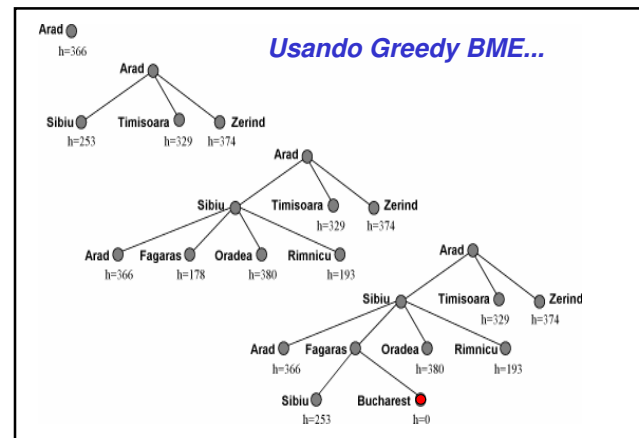
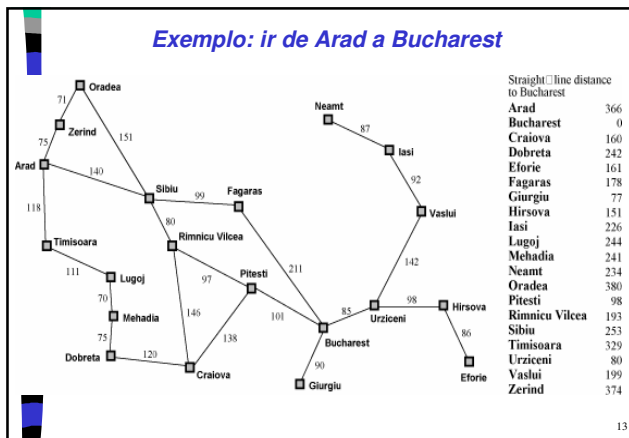
Greedy best-first search Busca gulosa pela melhor escolha

- Avalia nós para expandir com base unicamente na função heurística: $f(n) = h'(n)$
- Semelhante à busca em profundidade com retrocesso (*backtracking*)
- **Exercício:** encontrar a melhor rota (rota mais curta) de uma cidade a outra, num mapa.

$h'(n)$ = distância em linha reta entre as cidades e a cidade-meta

 - Note que esta distância não faz parte da descrição do problema (ela precisa ser calculada)

12



Desempenho da Greedy BME

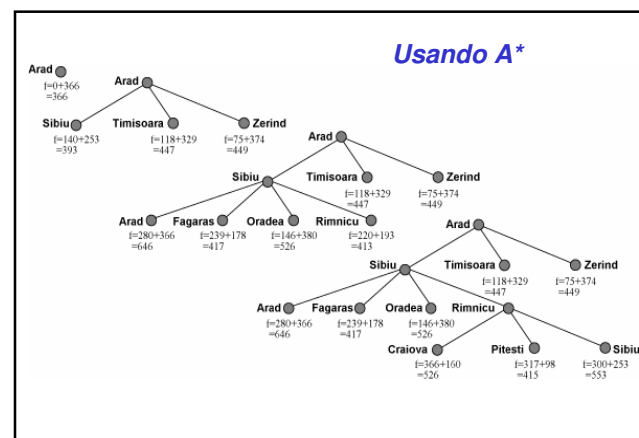
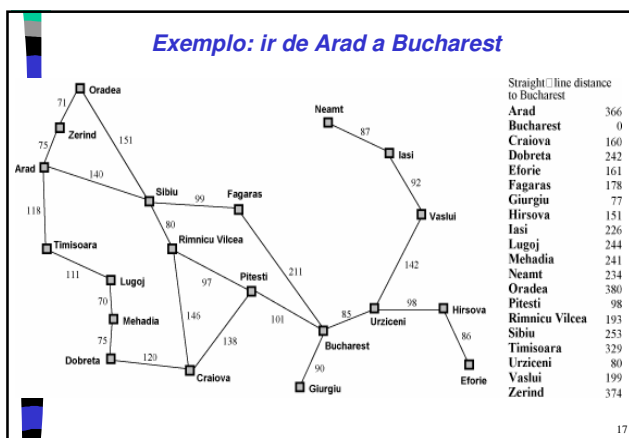
- **Não é completa**
 - pode entrar em ciclos e não encontrar a solução se não detectar estados repetidos (idem BP)
 - pode se perder em um caminho infinito e nunca retroceder para tentar outras opções (idem BP)
- **Não é ótima**
 - No ex: encontrou caminho (Arad, Sibiu, Fagaras, Bucharest) que é 32km maior que (Arad, Sibiu, Rimnicu Vilcea, Pitesti, Bucharest)
- **Complexidade de tempo e espaço no pior caso: $O(b^m)$**
 - m é a máxima profundidade do espaço de busca

Dependendo do problema e da qualidade da heurística a complexidade pode ser substancialmente reduzida.

BME mais “famoso”: A*

- **Função de avaliação:**

$$f(n) = g(n) + h'(n)$$
 - $g(n)$ = distância (custo) do nó inicial ao nó n
 - $h'(n)$ = distância (custo) estimada de n ao nó final
 - Assim, $f(n)$ estima o custo da melhor solução que passa por n .
- **A* expande o nó de menor valor de f na fronteira do espaço de estados.**
- **Exercício: repetir exercício anterior com A*.**



Desempenho do A*

- A* é completo e ótimo se $h(n)$ for admissível ou consistente

- **h admissível:** nunca superestima o custo de atingir a meta

- **h consistente (ou monotônica):**

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

$$\text{ou } (h(n) - h(n')) \leq c(n, a, n'),$$

– n' é sucessor de n , gerado pela ação a ; $c(n, a, n')$ é o custo de sair de n e atingir n' .

– Se h é consistente, os valores de $f(n)$ através de qualquer caminho são crescentes.

19

Busca A* – comentários

- A* é **otimamente eficiente**: nenhum outro algoritmo ótimo garante expandir menos nós que A*.
- Infelizmente há, na maioria das vezes, crescimento exponencial do número de nós com o comprimento da solução (complexidade temporal).
- Mas o maior problema é a complexidade espacial: **A* armazena todos os nós gerados!**
- Assim, A* não é aplicável em muitos problemas de grande escala. Usa-se variantes que encontram soluções **subótimas**.

20

Busca Heurística com Memória Limitada

- **IDA* (Iterative Deepening A*)**

- igual ao aprofundamento iterativo, porém seu limite é dado pela função de avaliação (f), e não pela profundidade (d).
- necessita de menos memória do que A*

- **SMA* (Simplified Memory-Bounded A*)**

- O número de nós guardados em memória é fixado previamente

21

Críticas à Busca Heurística

- **Solução de problemas usando técnicas de busca heurística:**

- dificuldades em definir e usar a *função de avaliação*
- não consideram conhecimento genérico do mundo (ou "senso comum")

- **Função de avaliação: compromisso (conflito) entre**

- tempo gasto na seleção de um nó e
- redução do espaço de busca

- **Achar o melhor nó a ser expandido a cada passo pode ser tão difícil quanto o problema da busca em geral.**

22